

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA**

SILVIO CÉSAR ROSA REDÍGOLO

**RECUPERAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA E ETANOL CELULÓSICO**

Ilha Solteira – SP

2014

SILVIO CÉSAR ROSA REDÍGOLO

**RECUPERAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA E ETANOL CELULÓSICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Prof. Dr. Ricardo Alan Verdú Ramos
Orientador

Ilha Solteira – SP

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Redígolo, Silvio César Rosa.

R317r Recuperação da palha da cana-de-açúcar para a produção de energia elétrica e etanol celulósico / Silvio César Rosa Redígolo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014

177 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciências Térmicas, 2014

Orientador: Ricardo Alan Verdú Ramos

Inclui bibliografia

1. Energia. 2. Cogeração. 3. Usina sucroalcooleira. 4. Bagaço. 5. Palha. 6. Etanol celulósico.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Recuperação da palha da cana-de-açúcar para a produção de energia elétrica e etanol celulósico

AUTOR: SILVIO CÉSAR ROSA REDIGOLO

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ALAN VERDÚ RAMOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mecânica ,
Área: CIÊNCIAS TÉRMICAS, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RICARDO ALAN VERDÚ RAMOS
Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. EMANUEL ROCHA WOISKI
Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. EDUARDO MANFREDINI FERREIRA
Faculdade de Engenharia / Universidade Federal da Grande Dourados

Data da realização: 05 de setembro de 2014.

RESUMO

Com o crescimento da colheita mecanizada impulsionada pelas leis ambientais que restringem a queima da palha, houve um aumento na quantidade de palha deixada no campo. Tal fato tem sido objeto de estudos no setor sucroalcooleiro quanto à tecnologia empregada no recolhimento e transporte, bem como o aproveitamento dessa biomassa pela indústria, que pode ser misturada junto ao bagaço para incrementar a cogeração de energia elétrica ou para produzir o etanol celulósico. No presente trabalho, foi estudado o aproveitamento da palha com transporte até indústria em caminhões junto com a cana-de-açúcar, embora exista a possibilidade de enfiamento para o transporte. Por conseguinte, foram avaliados termodinamicamente diferentes casos de utilização da palha baseado em uma usina produtora de açúcar, etanol (anidro e hidratado) e eletricidade, considerando o aumento da produção de eletricidade, através da incorporação de uma caldeira e um turbogerador de condensação no sistema de cogeração, e, também, levando-se em conta a produção de etanol celulósico, através da instalação de planta anexa com este propósito. Para cada caso estudado foi apresentada uma análise econômica identificando os investimentos com taxa interna de retorno e valor presente líquido, a fim de obter condições de viabilidade. As considerações finais apresentaram situações de retorno de investimento para casos em que foram considerados valores de venda acima do praticado atualmente na comercialização do MWh em contrato e no preço do etanol anidro negociado com as distribuidoras de combustíveis.

Palavras Chaves: Palha. Cogeração. Energia. Etanol celulósico.

ABSTRACT

With the growth of mechanized harvesting driven by environmental laws that restrict the burning of straw, there was an increase in the amount of straw left in the field. This situation have been studied by the sugarcane mill factories with respect to the technology employed in gathering and transportation of straw, as well as the utilization of this biomass, which can be mixed with the bagasse to increase cogeneration of electricity or to produce cellulosic ethanol. In the present study, the use of straw transported with the sugarcane to industry by trucks was considered although there is the possibility of packing it before transporting. Therefore different cases for straw utilization in an industrial plant that produces sugar, ethanol (anhydrous and hydrated) and electricity were thermodynamically analyzed, considering the increase of electricity production, by means incorporation of a boiler and a condensation turbogenerator in the cogeneration system, and, also, taking into account the production of cellulosic ethanol, by installing an annexed plant for this purpose. For each case studied an economic analysis to identify investments, the internal rate of return and net present value, in order to obtain feasibility conditions, was carried out. The final considerations presented situations of return on investment for cases where sale values above the currently practiced in the marketing of MWh in contract and negotiated price of anhydrous ethanol with fuel distributors were considered.

Keywords: Straw. Cogeneration. Energy. Cellulosic ethanol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição global de cana-de-açúcar.....	23
Figura 2 - Rendimento médio da cana-de-açúcar no Brasil.	24
Figura 3 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil: ano/safra x milhões de toneladas.	25
Figura 4 - Localização da cana-de-açúcar no Brasil.	26
Figura 5 - Estimativa da produção mundial de etanol em bilhões de litros.....	28
Figura 6 - Produção de etanol carburante.....	28
Figura 7 - Produtividade média de etanol por área para diferentes culturas.	29
Figura 8 - Fluxograma da produção de açúcar e etanol de cana-de-açúcar.	30
Figura 9 - Oferta Interna de Energia no Brasil em 1970 (10^{15} J).	33
Figura 10 - Oferta Interna de Energia no Brasil em 2000 (10^{15} J).	33
Figura 11 - Estimativa da oferta Interna de Energia no Brasil em 2030 (10^{15} J).	34
Figura 12 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica.	34
Figura 13 - Complementariedade da bioeletricidade sucroenergética.	36
Figura 14 - Potencial do mercado da bioeletricidade para a rede elétrica.....	37
Figura 15 - Estrutura típica da biomassa da cana-de-açúcar.....	39
Figura 16 - Colheita mecanizada de cana-de-açúcar.....	40
Figura 17 - Prazos para a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.....	40
Figura 18 - Fluxograma de aproveitamento da palha da cana-de-açúcar.	42
Figura 19 - Preparo e transporte de fardos de palha de cana-de-açúcar.	43
Figura 20 - Processo de utilização de fardos de palha na indústria.	43
Figura 21 - Sistema de limpeza a seco.	44
Figura 22 - Influência da impureza vegetal no transporte de cana-de-açúcar.....	47
Figura 23 - Influência da impureza vegetal no custo total da palha.....	48
Figura 24 - Efeito da impureza vegetal na carga transportada.....	48
Figura 25 - Influência da umidade no custo total da palha.	49
Figura 26 - Estrutura da biomassa lignocelulósica.	51

Figura 27 - Representação da celulose.....	51
Figura 28 - Esquema do processo de produção de etanol por meio da hidrólise da biomassa.....	52
Figura 29 - Fluxo de caixa acumulativo típico de um projeto.	62
Figura 30 - Planta básica para cogeração no Caso 1, com equipamentos, acessórios, entradas e saídas numerados.....	65
Figura 31 - Numeração dos pontos de entrada e saída dos volumes de controle da planta básica para cogeração no Caso 1.....	68
Figura 32 - Parâmetros característicos da planta básica para cogeração no Caso 1.	70
Figura 33 - Numeração dos pontos de entrada e saída dos volumes de controle da planta do Caso 2 para o aproveitamento da palha para cogeração.....	72
Figura 34 - Parâmetros característicos da planta do Caso 2a para aproveitamento de 4 % da palha para cogeração.....	74
Figura 35 - Parâmetros característicos da planta do Caso 2b para aproveitamento de 6 % da palha para cogeração.....	78
Figura 36 - Parâmetros característicos da planta do Caso 2c para aproveitamento de 8 % da palha para cogeração.....	81
Figura 37 - Parâmetros característicos da planta do Caso 2d para aproveitamento de 10 % da palha para cogeração.....	84
Figura 38 - Parâmetros característicos da planta do Caso 2e para aproveitamento de 12 % da palha para cogeração.....	87
Figura 39 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 4 % da palha para cogeração (Caso 2a).....	94
Figura 40 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 6 % da palha para cogeração (Caso 2b).....	95
Figura 41 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 8 % da palha para cogeração (Caso 2c).....	96
Figura 42 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 10 % da palha para cogeração (Caso 2d).....	97

Figura 43 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 12 % da palha para cogeração (Caso 2e).....	98
Figura 44 - TIR em relação à porcentagem de palha e ao valor do MWh vendido no Caso 2.....	99
Figura 45 - VPL em relação à porcentagem de palha e ao valor do MWh vendido no Caso 2.....	99
Figura 46 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 4 % de palha para produção de etanol (Caso 3a).....	101
Figura 47 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 6 % de palha para produção de etanol (Caso 3b).....	102
Figura 48 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 8 % de palha para produção de etanol (Caso 3c).....	103
Figura 49 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 10 % de palha para produção de etanol (Caso 3d).....	104
Figura 50 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 12 % de palha para produção de etanol (Caso 3e).....	105
Figura 51 - TIR em relação à porcentagem de palha e valor do litro de etanol vendido no Caso 3.....	106
Figura 52 - VPL em relação à porcentagem de palha e valor do litro de etanol vendido no Caso 3.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área e produção de algumas culturas no mundo e no Brasil em 2006. ...	26
Tabela 2 - Disponibilidade de terra arável no Brasil.	27
Tabela 3 - Demanda de energia no processamento de cana-de-açúcar.....	31
Tabela 4 - Energia elétrica e bagaço excedentes em sistemas de cogeração no setor sucroalcooleiro.	38
Tabela 5 - Caracterização do bagaço e da palha da cana-de-açúcar.	41
Tabela 6 - Composição de material celulósico e lignina do bagaço.	50
Tabela 7 - Composição do material celulósico e lignina da palha triturada.....	50
Tabela 8 - Equipamentos, acessórios, entradas e saídas da planta do Caso 1, de acordo com a numeração usada na Figura 30.	66
Tabela 9 - Parâmetros característicos da planta básica para cogeração no Caso 1.	69
Tabela 10 - Dados de safra da usina considerada.	71
Tabela 11 - Geração de energia em função da biomassa (palha+bagaço).....	73
Tabela 12 - Parâmetros da planta do Caso 2a para aproveitamento de 4 % da palha para cogeração.	75
Tabela 13 - Parâmetros da planta do Caso 2b para aproveitamento de 6 % da palha para cogeração.	77
Tabela 14 - Parâmetros da planta do Caso 2c para aproveitamento de 8 % da palha para cogeração.	80
Tabela 15 - Parâmetros da planta do Caso 2d para aproveitamento de 10 % da palha para cogeração.	83
Tabela 16 - Parâmetros da planta do Caso 2e para aproveitamento de 12 % da palha para cogeração.	86
Tabela 17 - Produção de etanol celulósico no Caso 3 em função do aproveitamento da palha.	88
Tabela 18 - Investimentos para o Caso 2a (aproveitamento de 4 % da palha para cogeração).	89
Tabela 19 - Investimentos para o Caso 2b (aproveitamento de 6 % da palha para cogeração).	89

Tabela 20 - Investimentos para o Caso 2c (aproveitamento de 8 % da palha para cogeração).	90
Tabela 21 - Investimentos para o Caso 2d (aproveitamento de 10 % da palha para cogeração).	90
Tabela 22 - Investimentos para o Caso 2e (aproveitamento de 12 % da palha para cogeração).	90
Tabela 23 - Custo da planta para produção de etanol celulósico.....	91
Tabela 24 - Geração e venda de energia nas plantas dos Casos 1 e 2.....	91
Tabela 25 - Produção de etanol celulósico nas plantas do Caso 3.....	92
Tabela 26 - Custo do transporte da palha num raio de 20 km.....	92
Tabela 27 - Resultados econômicos para uso de 4 % da palha para cogeração (Caso 2a).	93
Tabela 28 - Resultados econômicos para uso de 6 % da palha para cogeração (Caso 2b).	94
Tabela 29 - Resultados econômicos para uso de 8 % da palha para cogeração (Caso 2c).	95
Tabela 30 - Resultados econômicos para uso de 10 % da palha para cogeração (Caso 2d).	96
Tabela 31 - Resultados econômicos para uso de 12 % da palha para cogeração (Caso 2e).	97
Tabela 32 - Análise dos resultados para o Caso 2.....	98
Tabela 33 - Resultados econômicos para uso de 4 % de palha para produção de etanol (Caso 3a).....	100
Tabela 34 - Resultados econômicos para uso de 6 % de palha para produção de etanol (Caso 3b).....	101
Tabela 35 - Resultados econômicos para uso de 8 % de palha para produção de etanol (Caso 3c).....	103
Tabela 36 - Resultados econômicos para uso de 10 % de palha para produção de etanol (Caso 3d).....	104
Tabela 37 - Resultados econômicos para uso de 12 % de palha para produção de etanol (Caso 3e).....	105

Tabela 38 - Análise dos resultados para o Caso 3.....	106
Tabela 39 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.	121
Tabela 40 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.	122
Tabela 41 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.	123
Tabela 42 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.	124
Tabela 43 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.	125
Tabela 44 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.	126
Tabela 45 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6% de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.	127
Tabela 46 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.	128
Tabela 47 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.	129
Tabela 48 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.	130
Tabela 49 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.	131
Tabela 50 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.	132
Tabela 51 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.	133
Tabela 52 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.	134
Tabela 53 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.	135

Tabela 54 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.	136
Tabela 55 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.	137
Tabela 56 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.	138
Tabela 57 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.	139
Tabela 58 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.	140
Tabela 59 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.	143
Tabela 60 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.	144
Tabela 61 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.	145
Tabela 62 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.	146
Tabela 63 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.	147
Tabela 64 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.	148
Tabela 65 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.	149
Tabela 66 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.	150
Tabela 67 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.	151
Tabela 68 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.	152

Tabela 69 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.	153
Tabela 70 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.	154
Tabela 71 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.	155
Tabela 72 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.	156
Tabela 73 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.	157
Tabela 74 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.	158
Tabela 75 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.	159
Tabela 76 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.	160
Tabela 77 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.	161
Tabela 78 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.	162
Tabela 79 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.	163
Tabela 80 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.	164
Tabela 81 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.	165
Tabela 82 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.	166
Tabela 83 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.	167

Tabela 84 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.	168
Tabela 85 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.	169
Tabela 86 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.	170
Tabela 87 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.	171
Tabela 88 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.	172
Tabela 89 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.	173
Tabela 90 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.	174
Tabela 91 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.	175
Tabela 92 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.	176
Tabela 93 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.	177

LISTA DE ABREVIATURAS

ACS: *American Chemical Society*;

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica;

ATR: Açúcar Total Recuperável;

CGEE: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos;

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento;

CTBE: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol;

CTC: Centro de Tecnologia Canavieira;

EBIT: *Earnings Before Interest and Taxes*;

EBITDA: *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*;

EPE: Empresa de Pesquisa Energética;

FAO: *Food and Agricultural Organization of United Nations*;

IEA: *International Energy Agency*;

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;

MME: Ministério de Minas e Energia;

NULEN: Núcleo de Planejamento Energético, Geração e Cogeração de Energia;

PCI: Poder Calorífico Inferior;

PIB: Produto Interno Bruto;

PSE: *Process Simulation Environment*;

STAB: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil;

TIR: Taxa Interna de Retorno;

TMA: Taxa Mínima de Atratividade;

TRI: Tempo de Retorno do Investimento;

TVH: Tonelada de vapor por hora;

UNICA: União da Indústria de Cana-de-Açúcar;

VPL: Valor Presente Líquido.

LISTA DE SÍMBOLOS

CTI : capital total investido no início de operação do projeto (R\$);

ELC : entrada líquida de capital anual (R\$);

g : aceleração gravitacional (m/s^2);

$^{\circ}GL$: $^{\circ}$ Gay Lussac (fração em volume);

h_e : entalpia específica na entrada do volume de controle (kJ/kg);

h_s : entalpia específica na saída do volume de controle (kJ/kg);

j : taxa de desconto adotado (%);

j^* : taxa interna de retorno de um investimento (%);

\dot{m}_e : vazão mássica que entra no volume de controle (kg/s);

\dot{m}_s : vazão mássica que sai do volume de controle (kg/s);

N : período de análise (anos);

P : pressão (bar);

PCI : Poder Calorífico Inferior (kJ/kg);

\dot{Q}_{VC} : potência térmica no volume de controle (kW);

s_e : entropia específica na entrada do volume de controle (kJ/kgK);

s_s : entropia específica na saída do volume de controle (kJ/kgK);

\dot{S}_{ger} : geração de entropia no volume de controle (kW/K).

T_j : temperatura superficial do volume de controle (K);

V_e : velocidade da vazão mássica na entrada do volume de controle (m/s);

V_s : velocidade da vazão mássica na saída do volume de controle (m/s);

\dot{W}_{VC} : taxa de transferência de trabalho no volume de controle (kW);

Z_e : cota da vazão mássica na entrada do volume de controle em relação a uma linha de referência (m);

Z_s : cota da vazão mássica na saída do volume de controle em relação a uma linha de referência (m).

PREÂMBULO

Este trabalho está inserido dentro das linhas de pesquisa do NUPLEN (Núcleo de Planejamento Energético, Geração e Cogeração de Energia) do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP), sendo o mesmo dividido em 6 Capítulos, conforme será descrito a seguir.

O Capítulo 1 trata da introdução do trabalho, com informações para inserir o leitor no contexto do estudo e definir os objetivos do mesmo.

O Capítulo 2 trata dos aspectos de estudo no setor sucroalcooleiro, como a produção de cana-de-açúcar, produção de etanol, cogeração de energia no setor sucroalcooleiro, aproveitamento da palha, produção de etanol celulósico e os trabalhos acadêmicos publicados sobre o assunto.

No Capítulo 3 são apresentadas as fundamentações teóricas da análise termodinâmica e da análise econômica.

Nos Capítulos 4 e 5 são descritos, respectivamente, os resultados das análises termodinâmica e econômica, em função das condições de operação e considerações feitas, para cada um dos casos analisados para aproveitamento da palha, quer seja para a cogeração de energia ou para a produção de etanol celulósico.

No Capítulo 6 conclui-se o trabalho com uma verificação dos aspectos estudados e com sugestões para o desenvolvimento de estudos no setor sucroalcooleiro, no que diz respeito ao aproveitamento da palha da cana-de-açúcar para a indústria.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas e na sequência um apêndice com detalhamento da análise econômica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	20
2 ASPECTOS DE ESTUDO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO	23
2.1 Produção de cana-de-açúcar	23
2.2 Produção de etanol	27
2.3 Cogeração de energia no setor sucroalcooleiro	31
2.3.1 <i>Produção de energia elétrica no setor sucroalcooleiro.....</i>	<i>32</i>
2.3.2 <i>Produção de excedentes energéticos no setor sucroalcooleiro</i>	<i>37</i>
2.4 Aproveitamento da palha da cana-de-açúcar	39
2.4.1 <i>Mecanismos para recuperação da palha da cana-de-açúcar</i>	<i>41</i>
2.4.2 <i>Custo da palha da cana-de-açúcar</i>	<i>45</i>
2.5 Produção de etanol celulósico.....	49
2.5.1 <i>Efeito da estrutura e composição da biomassa</i>	<i>50</i>
2.5.2 <i>Tecnologias de conversão</i>	<i>52</i>
2.6 Revisão de literatura	54
3 FUNDAMENTOS DA ANÁLISE TERMODINÂMICA E ECONÔMICA	59
3.1 Análise pela Primeira Lei.....	59
3.2 Análise pela Segunda Lei	60
3.3 Fundamentos da análise econômica.....	61
3.1.1 <i>Valor Presente Líquido</i>	<i>61</i>
3.1.2 <i>Taxa Interna de Retorno</i>	<i>63</i>
4 DESCRIÇÃO DOS CASOS E ANÁLISE TERMODINÂMICA.....	64
4.1 Caso 1 – Planta básica para cogeração (caso base).....	64
4.2 Caso 2 – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento da palha para cogeração.....	71
4.2.1 <i>Caso 2a – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 4 % da palha para cogeração</i>	<i>73</i>
4.2.2 <i>Caso 2b – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 6 % da palha para cogeração</i>	<i>76</i>
4.2.3 <i>Caso 2c – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 8 % da palha para cogeração</i>	<i>79</i>

4.2.4 Caso 2d – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 10 % da palha para cogeração	82
4.2.5 Caso 2e – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 12 % da palha para cogeração	85
4.3 Caso 3 – Aproveitamento de palha para a produção de etanol celulósico ..	88
5 INVESTIMENTOS E ANÁLISE ECONÔMICA.....	89
5.1 Investimentos	89
5.2 Análise econômica.....	91
5.2.1 Resultados econômicos para utilização da palha para cogeração.....	93
5.2.1.1 Resultados econômicos para o Caso 2a.....	93
5.2.1.2 Resultados econômicos para o Caso 2b.....	94
5.2.1.3 Resultados econômicos para o Caso 2c.....	95
5.2.1.4 Resultados econômicos para o Caso 2d.....	96
5.2.1.5 Resultados econômicos para o Caso 2e.....	97
5.2.1.6 Síntese dos resultados econômicos para o Caso 2	98
5.2.2 Resultados econômicos para utilização da palha para produção de etanol celulósico.....	100
5.2.2.1 Resultados econômicos para o Caso 3a.....	100
5.2.2.2 Resultados econômicos para o Caso 3b.....	101
5.2.2.3 Resultados econômicos para o Caso 3c.....	102
5.2.2.4 Resultados econômicos para o Caso 3d.....	104
5.2.2.5 Resultados econômicos para o Caso 3e.....	105
5.2.2.6 Síntese dos resultados econômicos para o Caso 3	106
6. CONCLUSÕES.....	108
REFERÊNCIAS.....	112
APÊNDICE A – DETALHAMENTO DA ANÁLISE ECONÔMICA	119
A.1 Estudo econômico para utilização da palha para cogeração de energia ..	119
A.2 Estudo econômico para utilização da palha para produção de etanol celulósico.....	141

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O processamento industrial da cana-de-açúcar necessita de três tipos de energia: energia térmica para os processos de aquecimento e concentração; energia mecânica nas moendas e demais sistemas de acionamento direto, como bombas e ventiladores de grande porte; assim como energia elétrica para acionamentos diversos. Para atender tal demanda energética, com a produção simultânea de diferentes formas de energia, é utilizado um único combustível, a biomassa da cana-de-açúcar, sendo esta tecnologia denominada cogeração.

O processo convencional para produção de etanol utiliza como matéria-prima a cana-de-açúcar, que depois de extraído o caldo de cana-de-açúcar e acrescido de melaço de processos anteriores, forma o mosto, que juntamente com as leveduras, possibilitam a fermentação, pelo processo de Melle-Boinot, que envolve a recuperação das leveduras e seu reuso no processo, após tratamento.

O estímulo à geração independente e distribuída, além do aumento da geração de energia elétrica através da cogeração em indústrias, tem sido crescente e possibilitam às usinas maior competitividade no mercado, passando a exigir maior eficiência das plantas térmicas, já que, nessa situação, além de atender a demanda térmica e eletromecânica, o excedente de energia pode ser vendido.

A palha, os colmos e boa parte dos ponteiros da cana-de-açúcar são processados simultaneamente na colheita mecânica até a fase da separação pneumática na qual o palhiço é lançado ao solo, e devido à gradativa extinção da queimada da cana-de-açúcar, a quantidade de biomassa deixada no campo tem aumentado, sendo este um dos desafios discutidos no setor sucroalcooleiro, quanto a tecnologia adequada para seu recolhimento e transporte, bem como a melhor forma de aproveitamento dessa biomassa na indústria.

O aproveitamento da palha, estudado nesse trabalho compreende 2 alternativas: na primeira, essa biomassa é deixada no solo e passa por processo de aleiramento, enfardamento e transporte até a usina; a segunda possibilidade é realizar ajuste na velocidade dos exaustores da colhedora para transportar a palha junto com a cana-de-açúcar até a usina, que deve passar impreterivelmente por um processo de limpeza a seco, para separar a palha dos colmos. No presente trabalho, foi adotada a segunda alternativa, por apresentar viabilidade, do custo de transporte, em um raio médio de até 20 km da usina.

É sabido que a palha pode ser utilizada para aumentar a cogeração de energia elétrica, complementando a geração hidrelétrica, quer seja através da sua queima misturada com o bagaço (numa proporção máxima de 15 %, segundo testes já realizados por algumas usinas); da queima em caldeiras de leito fluidizado circulante ou, num prazo mais distante, por meio de sua gaseificação (tecnologia mais avançada e promissora, mas ainda em desenvolvimento). Estima-se que o potencial de aumento da produção de energia com o uso da palha seja da ordem de 5.000 MW, o que possibilitaria o abastecimento de cerca de 2.000.000 de residências.

Por outro lado, a palha também pode ser utilizada para a produção de etanol celulósico, o qual pode atribuir ao setor sucroalcooleiro uma vantagem competitiva muito grande, haja vista, que atualmente as usinas estão trabalhando com margens apertadas ou até negativas na produção do etanol, uma vez que seu consumo e preço estão relacionados à paridade de 70 % do preço da gasolina. No entanto, para que o etanol possa realmente ser entendido como um biocombustível capaz de reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e se tornar uma *commodity* é necessário transpor algumas fronteiras tecnológicas para aumentar a sua produção.

O etanol celulósico é produzido por meio de reações químicas que promovem a quebra das cadeias dos principais polímeros que formam a estrutura das plantas, através da hidrólise enzimática, fermentação e destilação.

Quando as questões tecnológicas, tanto relacionadas ao recolhimento da palha, quanto ao processo industrial do etanol celulósico, estiverem equacionadas, para a mesma área de cana-de-açúcar plantada hoje, ter-se-á um incremento próximo a 40 % na produção de etanol, reduzindo os custos unitários do produto e dando um novo cenário para o setor sucroalcooleiro.

Diante dos fatos acima citados, o presente trabalho tem como objetivo contextualizar o setor sucroalcooleiro atual e apresentar uma proposta de estudo quanto à utilização da palha da cana-de-açúcar para a produção de etanol celulósico ou na cogeração de energia, e também definir a quantidade de palha a ser utilizada na indústria e a quantidade que ficará na lavoura.

Serão considerados diversos casos, baseado em uma usina de referência, constituída por duas caldeiras de 21 bar e uma de 67 bar, sendo que esta usina apresenta como particularidade a venda de vapor (35 t/h), além de produzir vapor para os acionamentos de moendas e bombas.

Para tanto, foram propostos casos para estudos com o aproveitamento de palha em relação à cana-de-açúcar transportada em porcentagem de 4, 6, 8, 10 e 12 % e para a solução dos sistemas de equações resultante da análise termodinâmica dos casos é obtida através do emprego do *software* IPSEpro[®], que é um programa que possui um conjunto de módulos e bibliotecas que são destinadas à criação de modelos para simulação de processos.

O estudo foi dividido em duas partes, com o aproveitamento, da biomassa recuperada para os casos destinados exclusivamente à produção de energia elétrica, incluindo para tanto na planta uma turbina de condensação; a outra posição do estudo compreende o uso dessa biomassa para a produção de etanol celulósico em uma planta anexa aquela apresentada como caso de referência, sendo que para este estudo será apresentado um caso econômico hipotético na qual considera-se o valor mínimo a ser vendido no etanol para se obtenha um ganho conforme a taxa mínima de atratividade.

A partir dos resultados obtidos nesse trabalho, quanto aos casos de cogeração de energia, foi possível analisar o cenário atual que o setor sucroalcooleiro está vivenciando, ou seja, para viabilizar novos projetos de cogeração seria necessário a comercialização de energia com valores acima do estabelecido nos leilões de energia.

Para os resultados obtidos com relação à produção de etanol celulósico, é possível evidenciar que esta tecnologia é uma grande oportunidade para alavancar a produção de etanol de forma eficiente e economicamente viável, para valores do litro não muito distantes do que vem sendo comercializado atualmente.

2 ASPECTOS DE ESTUDO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Serão abordadas nesse capítulo dados da produção da cana-de-açúcar, informações inerentes à cogeração de energia no setor sucroalcooleiro, aproveitamento da palha da cana-de-açúcar para a indústria e uma abordagem quanto à produção de etanol celulósico.

2.1 Produção de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta semi-perene da família das gramíneas, pertencente ao gênero *Saccharum*. Oriunda das regiões temperadas quentes e tropicais da Ásia, atualmente é cultivada em vários países do mundo. Em determinadas regiões desses países, a cana-de-açúcar encontra condições climáticas ideais para seu crescimento: uma estação quente e úmida, que propicia a germinação, o brotamento e o desenvolvimento da planta; e uma estação seca e fria, que promove a maturação dos colmos e o acúmulo de sacarose (MATOS, 2012).

O cultivo da cana-de-açúcar se encontra em países localizados na latitude 36,7° norte e 31,0° sul da linha do Equador estendendo-se de zonas tropicais à subtropicais, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 - Distribuição global de cana-de-açúcar.

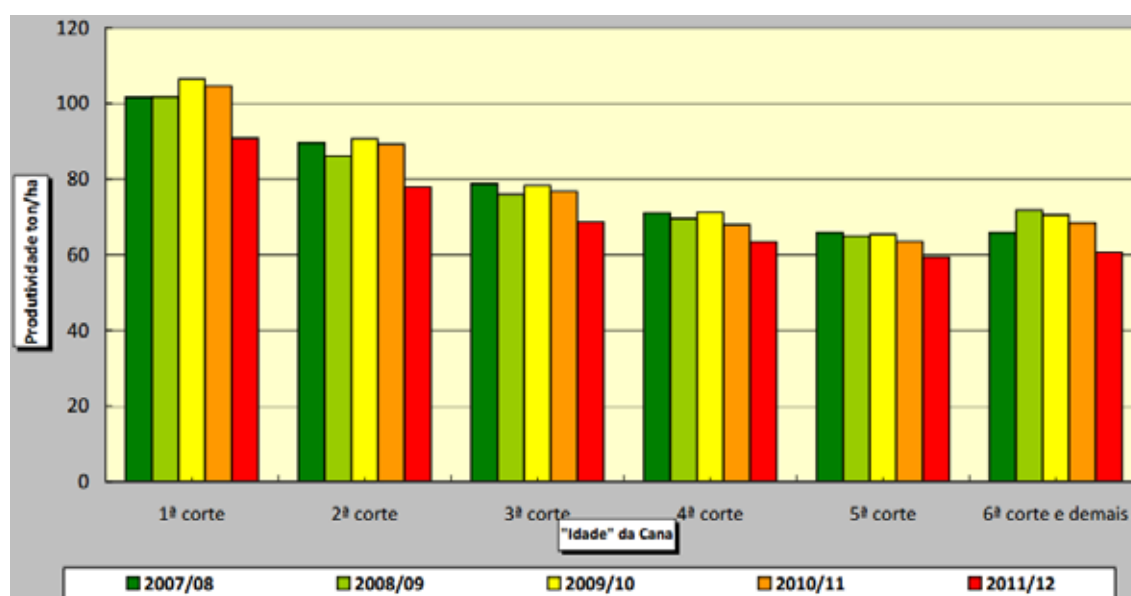


Fonte: Sugarcane crops (2013).

Segundo dados da Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas – FAO (2003), citado por Sugarcane crops (2013), dos 121 países produtores de cana-de-açúcar, o Brasil já aparecia com a maior área de produção, porém a área cultivada e a produtividade diferem muito de país para país.

O ciclo completo da cana-de-açúcar é variável, dependendo do clima, da variedade cultivada e práticas culturais. No Brasil o ciclo é geralmente de seis anos, dentro do qual ocorrem cinco cortes, quatro tratos de soqueiras (cana cortada) e uma reforma (BIOETANOL DE CANA, 2008). A Figura 2 representa o rendimento médio da cana-de-açúcar no Brasil.

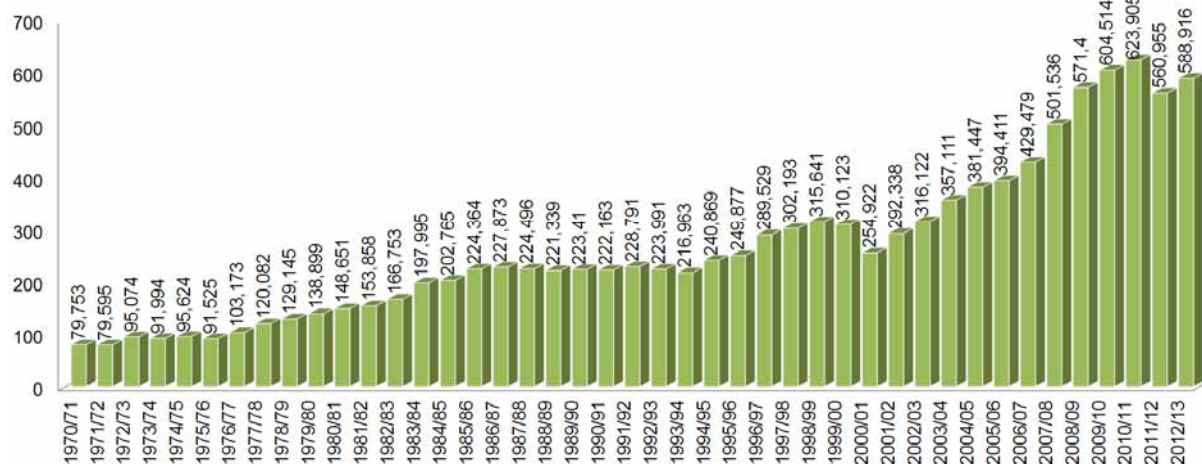
Figura 2 - Rendimento médio da cana-de-açúcar no Brasil.



Fonte: MAPA (2012).

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, apresentado desde a safra de 1970/71 até 2010/11, a produção de cana-de-açúcar no país vem crescendo ano após ano. Conforme representado na Figura 3, a safra 2012/13 apresentou produção de 588,916 milhões de toneladas, onde foram cultivadas 8,485 milhões de ha de cana-de-açúcar com produtividade de 69,4 t/ha e do total de cana-de-açúcar moída com ATR médio de 136 kg/t foram produzidos 38,34 milhões de toneladas de açúcar e 23,64 bilhões de litros de etanol, sendo 9,85 bilhões de etanol anidro e 13,79 bilhões de etanol hidratado (CONAB, 2013).

Figura 3 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil: ano/safra x milhões de toneladas.



Fonte: Adaptado de CONAB (2013).

Na Tabela 1 é representado um comparativo entre a área cultivada com a produção e a produtividade da cana-de-açúcar com outras culturas, incluindo cereais, oleaginosas, sucroalcooleiras entre outras no Brasil e no mundo.

Ao que diz respeito à produção de etanol e a produção de alimentos é válido ressaltar que o Brasil cultiva uma área em torno de 7 milhões de hectares, com crescente aumento da produtividade, cerca de 4 % ao ano e para produzir etanol são utilizados cerca da metade dessa área, o que equivale à aproximadamente 1 % das terras aráveis do Brasil (MATOS, 2012), a Figura 4 representa a localização da cana-de-açúcar no Brasil.

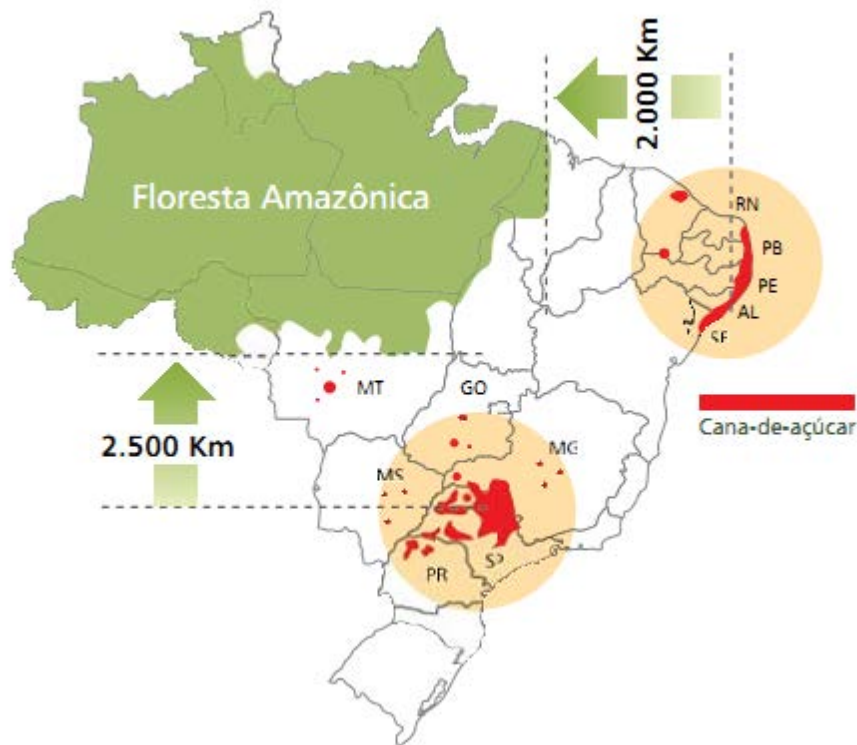
De acordo com a CONAB, grande parte da expansão da cana-de-açúcar, ocorre em áreas de pastagens degradadas na região Centro-Sul do Brasil. Assim sendo, não aumenta a competição por terras ou desloca outras culturas. A Tabela 2 representa um comparativo do cultivo de cana-de-açúcar com outras culturas e da cana-de-açúcar destinada à produção de etanol.

Tabela 1 - Área e produção de algumas culturas no mundo e no Brasil em 2006.

Cultura	Mundo			Brasil		
	Área colhida (milhões ha)	Produção (milhões t)	Produtividade (t/ha)	Área colhida (milhões ha)	Produção (milhões t)	Produtividade (t/ha)
Cereais						
Trigo	216,2	605,9	2,8	1,6	2,5	1,6
Arroz	154,3	634,6	4,1	3,0	11,5	3,9
Milho	144,4	695,2	4,8	12,6	42,6	3,4
Cevada	55,5	138,6	2,5	0,1	0,2	2,5
Sorgo	41,5	56,5	1,4	0,7	1,6	2,2
Oleaginosas						
Soja	93,0	221,5	2,4	22,0	52,3	2,4
Algodão	35,3	44,2	1,3	1,3	1,8	1,4
Sucroalcooleiras						
Cana-de-açúcar	20,4	1.392,4	68,3	6,1	455,3	74,0
Beterraba	5,4	256,5	47,1	-	-	-
Outras						
Batata	18,8	315,1	16,7	0,1	3,1	22,3
Mandioca	18,6	226,3	12,1	1,9	26,7	14,0

Fonte: WWF-Brasil (2008).

Figura 4 - Localização da cana-de-açúcar no Brasil.



Fonte: Matos (2012).

Tabela 2 - Disponibilidade de terra arável no Brasil.

1. Total de terras aráveis (milhões ha)	354,8	(%) total	(%) terras aráveis
2. Área cultivada total (milhões ha):	76,7	9,0	21,6
Soja	20,6	2,4	5,8
Milho	14,0	1,6	3,9
Cana-de-açúcar	7,8	0,9	2,2
Cana-de-açúcar para etanol	3,4	0,4	1,0
Laranja	0,9	0,1	0,3
3. Pastagem (milhões ha)	172,3	20,2	48,6
4. Área disponível (total arável – área cultivada – pastagem)	105,8	12,4	29,8

Fonte: UNICA (2008).

A política nacional para a produção da cana-de-açúcar se orienta na expansão sustentável da cultura, com base em critérios econômicos, ambientais e sociais, com programa de regulamentação do plantio da cana-de-açúcar, levando em consideração o meio ambiente e a aptidão econômica da região, além de estipuladas as áreas propícias ao plantio com base nos tipos de clima, solo, biomas e necessidades de irrigação (MAPA, 2013).

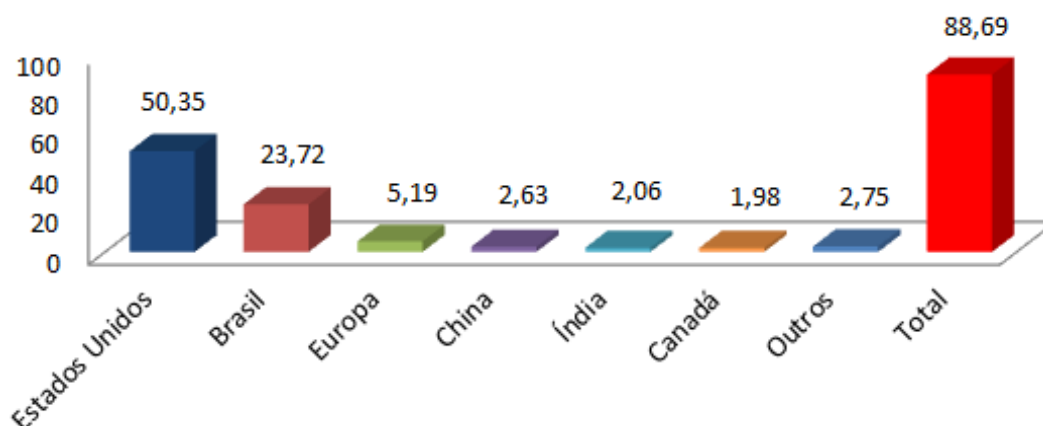
2.2 Produção de etanol

O etanol é uma substância com fórmula molecular C_2H_6O , que pode ser utilizada como combustível em motores de combustão interna com ignição por centelha (Ciclo Otto) (BIOETANOL DE CANA, 2008).

Muitos países têm adotado políticas de produção e utilização de etanol, com o objetivo de reduzir os efeitos do aquecimento global, conter os preços de energia, aumentar a segurança energética e redução da dependência do petróleo, considerando ainda que os biocombustíveis são fontes de incentivos para agricultores.

A Figura 5 representa a estimativa da produção mundial de etanol, de acordo com a *Renewable Fuels Association* - RFA (2013).

Figura 5 - Estimativa da produção mundial de etanol em bilhões de litros.



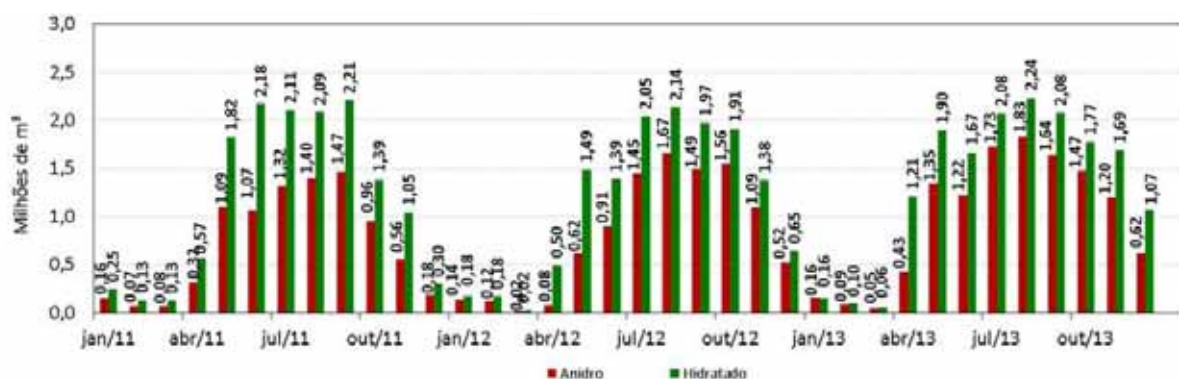
Fonte: Renewable Fuels Association (2013).

De acordo com RFA (2013), existem no Brasil cerca de 456 usinas considerando as que estão em fase de montagem e/ou projeto, sendo esta indústria sucroalcooleira capaz de produzir dois tipos de etanol: o hidratado, que tem um teor de água de aproximadamente 5,6 % em volume; e o anidro, caracterizado pelo teor alcoólico mínimo de 99,6 %.

O etanol hidratado é utilizado em veículos equipados com motores movidos exclusivamente a etanol ou *flex-fuel*, enquanto o etanol anidro é misturado à gasolina (até 25 %) antes da venda.

A produção de etanol hidratado e anidro pode ser observada na Figura 6, que representa dados da safra de 2011 a 2013.

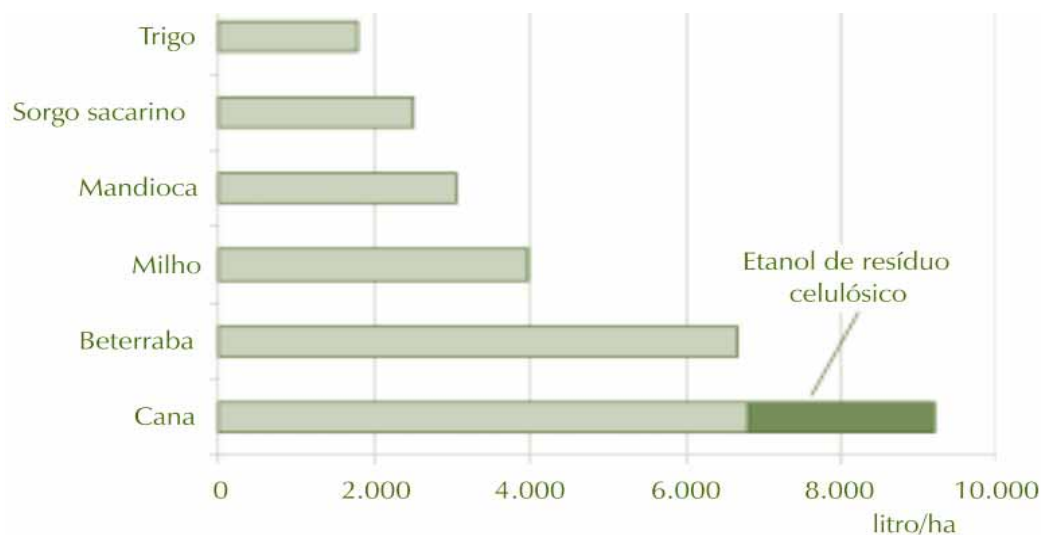
Figura 6 - Produção de etanol carburante.



Fonte: MME (2013).

Uma comparação entre as diferentes rotas para a produção de etanol é apresentada na Figura 7, que evidencia como podem ser diferentes os índices de produtividade por unidade de área cultivada.

Figura 7 - Produtividade média de etanol por área para diferentes culturas.

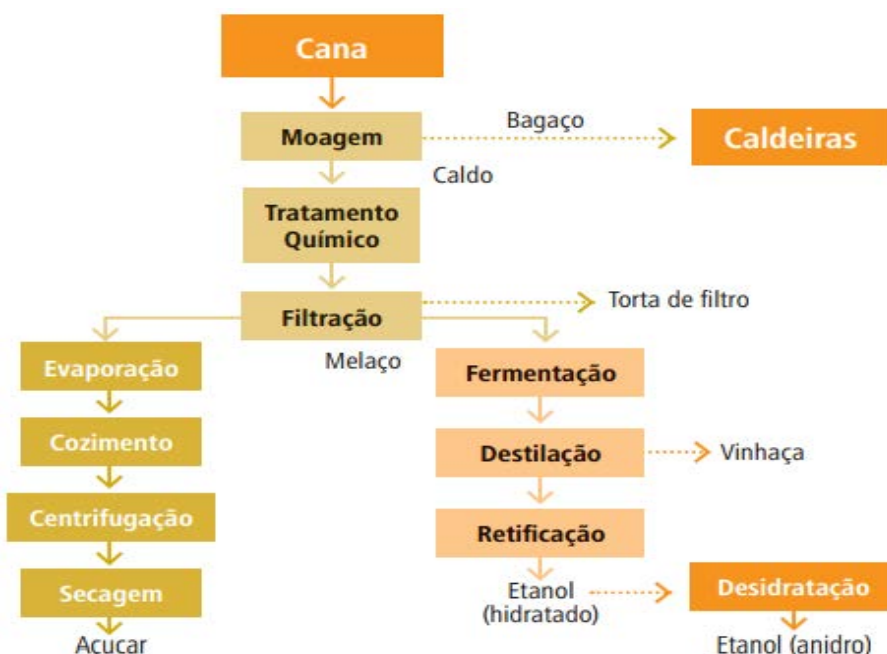


Fonte: Bioetanol de Cana (2008).

Para a cana-de-açúcar representada na Figura 7, considerou-se uma produção de 80 t/ha, uma produtividade de 85 litros por tonelada de cana-de-açúcar processada e a utilização de 30 % do bagaço disponível e metade da palha, convertida em etanol à razão de 400 litros por tonelada de biomassa celulósica seca.

Para atender a demanda interna e exportar etanol, o Brasil utiliza como matéria-prima a cana-de-açúcar, que ao chegar à usina é esmagada, gerando o caldo de cana-de-açúcar, que, acrescido de melaço de processos anteriores, forma o mosto, que é então adicionado a uma mistura conhecida como pé-de-cuba (levedura recuperada e tratada para diminuição do pH e do teor alcoólico). A fermentação do mosto ocorre em tanques denominados dornas de fermentação, pelo processo Melle-Boinot, que envolve a recuperação das leveduras e seu reuso no processo, após tratamento (MATOS, 2012). A Figura 8 representa o fluxograma de produção de etanol de cana-de-açúcar.

Figura 8 - Fluxograma da produção de açúcar e etanol de cana-de-açúcar.



Fonte: Seabra (2008), citado por Matos (2012).

Após um período de 4 a 12 horas, a fermentação termina gerando um produto final de teor alcoólico entre 7 e 10 %, que é então centrifugado para separação e recuperação da levedura e segue para destilação, de onde se obtém o etanol hidratado.

Na etapa de destilação, o etanol, água (89-93 %) e os demais componentes (glicerina, outros álcoois, furfural, aldeído acético, ácidos succínico e acético, bagacilho, leveduras, bactérias, açúcares mais complexos, sais minerais, albuminoides, CO₂ e SO₂) são separados de acordo com seus respectivos pontos de ebulição, em três etapas sequenciais. Na destilação propriamente dita, o etanol é separado do vinho fermentado em duas fases: a flegma (vapores com 40 a 50° GL) e a vinhaça (com menos de 0,03° GL). No processo de retificação a flegma é concentrada até obter um grau alcoólico de 96° GL em sua saída e retirar impurezas como álcoois homólogos superiores, aldeídos, ésteres, aminas, ácidos e bases. Separa-se ainda o óleo fúsel, composto rico em álcool amílico e isoamílico, usados com aditivos na indústria química (MATOS, 2012).

Finalmente, parte do álcool produzido passa pelo processo de desidratação com monoetilenoglicol, que reduz a volatilidade da água e permite a evaporação do

etanol, que segue separado. Tem-se então um produto com 99,9 °GL, o etanol anidro (MATOS, 2012).

Os resíduos que restam do processo como o bagaço e palha são queimados nas caldeiras para geração de vapor e bioeletricidade, e a vinhaça pode ser acumulada em lagoas impermeabilizadas e usada para fertirrigação do canavial ou, então, passar por um processo de biodigestão, produzindo biogás para geração de energia.

2.3 Cogeração de energia no setor sucroalcooleiro

O processamento industrial da cana-de-açúcar necessita de três tipos de energia: energia térmica para os processos de aquecimento e concentração; energia mecânica nas moendas e demais sistemas de acionamento direto, como bombas e ventiladores de grande porte; assim como energia elétrica para acionamentos diversos, bombeamento, sistemas de controle automatizados, iluminação, etc... (IEA, 2008).

Para atender tal demanda energética, com a produção simultânea de diferentes formas de energia, é utilizado um único combustível, a biomassa da cana-de-açúcar (o bagaço e/ou adicionado a este a palha da cana-de-açúcar), sendo esta tecnologia denominada cogeração. Como a produção de etanol envolve uma grande eliminação de água, a demanda de energia é alta, especialmente com respeito à parcela de energia térmica, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Demanda de energia no processamento de cana-de-açúcar.

Energia	Unidade	Açúcar	Etanol hidratado	Etanol anidro
Térmica Como vapor saturado a 1,5 bar (manométrico), para aquecedores, evaporadores e destilaria	kg/tc	470-500	370-410	500-580
Mecânica Acionamento dos sistemas de preparo e moagem da cana-de-açúcar e motobombas	kWh/tc	16	16	16
Elétrica Motores elétricos diversos, iluminação e outras cargas	kWh/tc	12	12	12

Fonte: Bioetanol de Cana (2008).

Na Tabela 3, para a demanda de vapor para o etanol hidratado e anidro, foi considerada, respectivamente, a tecnologia convencional com consumo de 3,0 a 3,5 kg de vapor por litro de etanol hidratado e um processo de destilação azeotrópica com cicloexano, com consumo de 1,5 a 2,0 kg de vapor por litro de etanol anidro. Com relação à demanda de energia elétrica, há uma pequena variação entre os processos, mas todos eles estão próximos do valor apresentado de 12 kWh por tonelada de cana-de-açúcar processada.

A cogeração teve grande aceitação e desenvolvimento no setor sucroalcooleiro fundamentalmente em razão da sua adequação, pois o combustível empregado é um subproduto do processo de fabricação de açúcar e etanol.

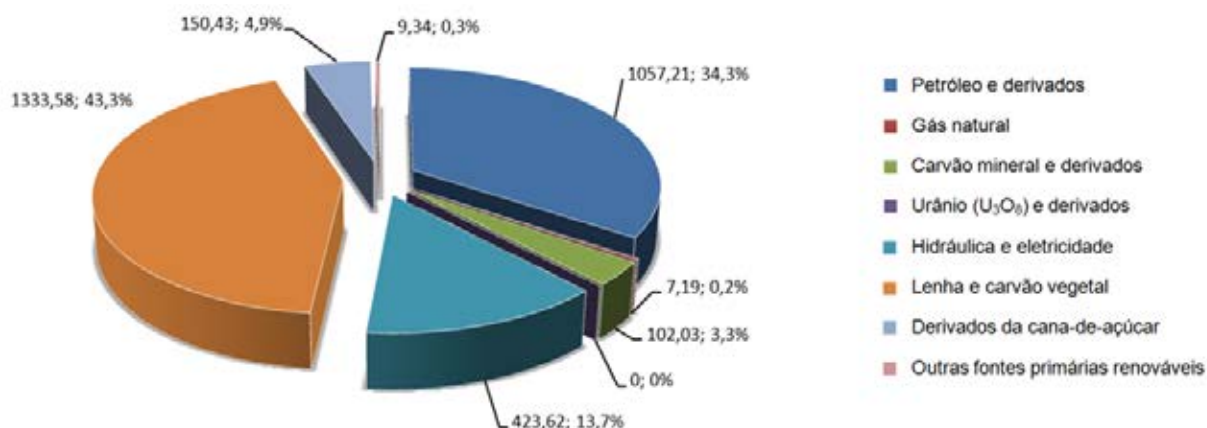
O estímulo à geração independente e distribuída, além do aumento da geração de energia elétrica através da cogeração em indústrias, tem sido crescente no sentido de se evitar uma nova crise, como a que ocorreu em 2001. Dentro deste contexto, o setor sucroalcooleiro merece uma posição de destaque, pois pode contribuir, e muito, para a produção de energia elétrica excedente para comercialização (PASSOLONGO, 2011).

Com advento da cogeração e a possibilidade de exportação de energia elétrica, além da competitividade do mercado, as usinas passaram a se preocupar com a eficiência das suas máquinas térmicas, já que, nessa situação, além de atender a demanda térmica e eletromecânica, o excedente de energia pode ser vendido (CREMONEZ, 2013).

2.3.1 Produção de energia elétrica no setor sucroalcooleiro

No Brasil, em 1940, com uma sociedade eminentemente rural, a lenha fornecia mais de 75 % da energia primária utilizada no país, contra uma contribuição de apenas 9 % do petróleo, 7 % do carvão mineral e 7 % da hidroeletricidade. Na década de 1970, a lenha ainda dominava, com cerca de 46 % do consumo total, mas cedeu espaço rapidamente para o consumo de derivados de petróleo, que, no mesmo ano, chegou a 34,3 % de participação de acordo com PEN 2030, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). A Figura 9 representa a oferta interna de energia em 1970.

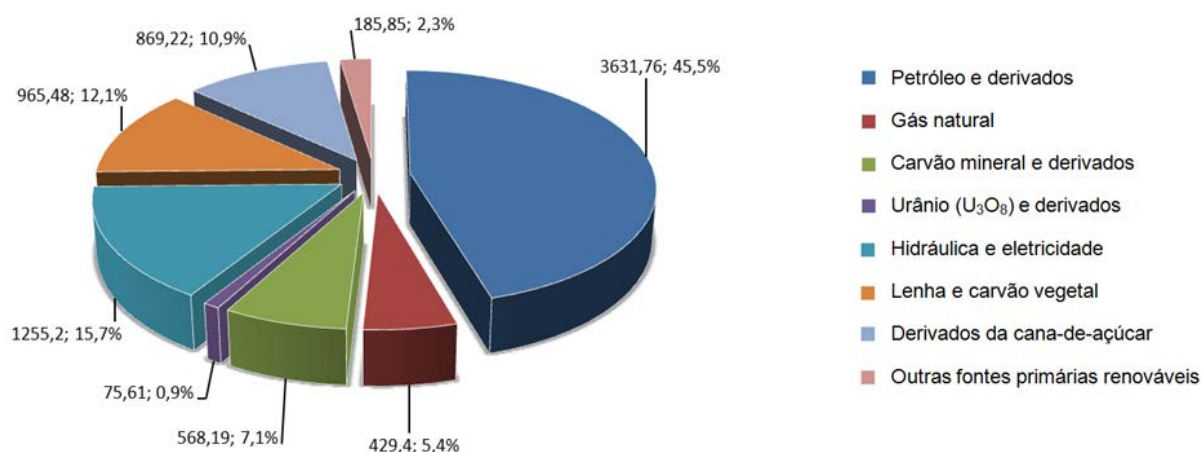
Figura 9 - Oferta Interna de Energia no Brasil em 1970 (10^{15} J).



Fonte: Adaptado de EPE (2007).

Da década de 80 até o ano 2000, a participação do petróleo e derivados se consolidou na casa dos 40 a 50 %, a da hidroeletricidade em 16 %, a da lenha reduziu-se para 8 %, enquanto o gás natural, o bagaço e o etanol ganharam uma relativa participação (PEN, 2030). Na Figura 10 é mostrada a oferta interna de energia em 2000.

Figura 10 - Oferta Interna de Energia no Brasil em 2000 (10^{15} J).

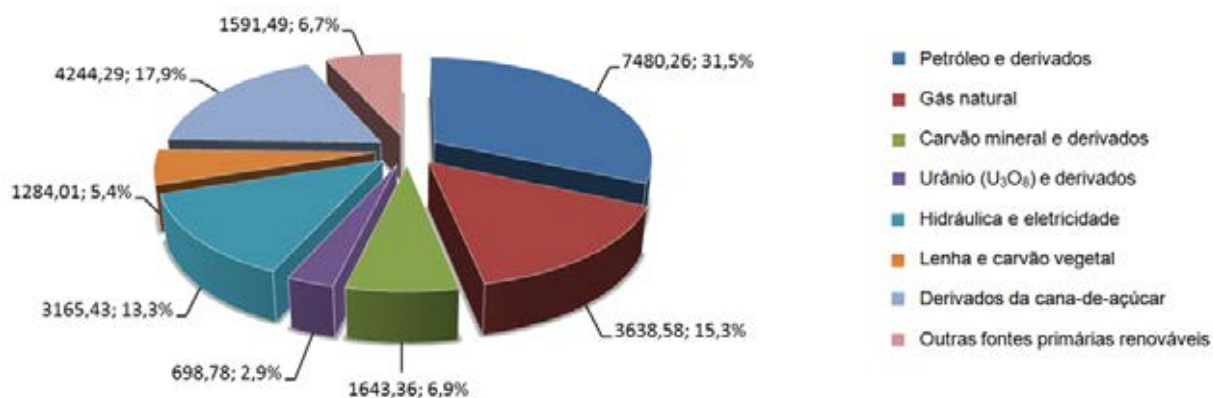


Fonte: Adaptado de EPE (2007).

A estrutura da demanda energética brasileira tende a modificar-se até 2030, quando o petróleo e derivados perdem participação relativa, reduzindo para a casa dos 32 a 43 %, enquanto a hidroeletricidade mantém sua participação na faixa dos 17 %, a lenha continua perdendo participação e o etanol, o bagaço e outras renováveis

(incluindo o biodiesel) aumentam significativamente. A Figura 11 representa uma estimativa da oferta interna de energia para 2030.

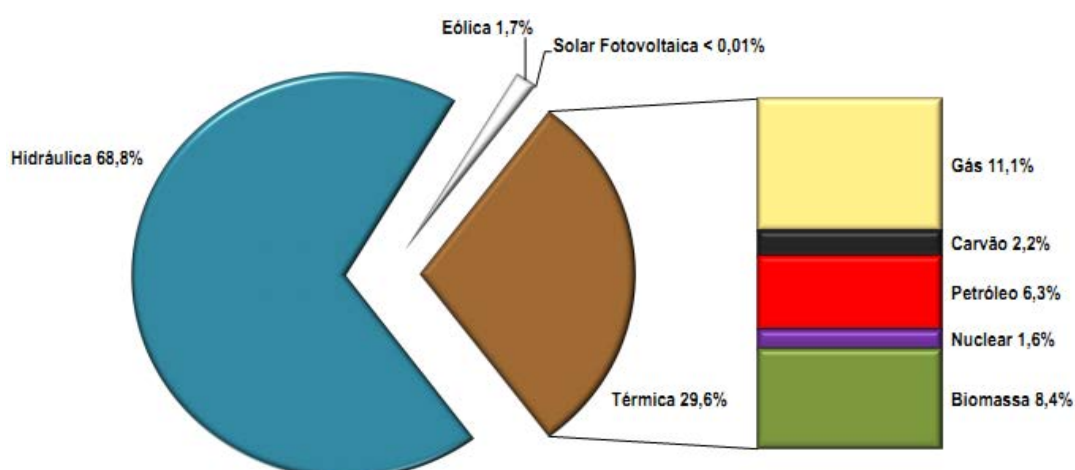
Figura 11 - Estimativa da oferta Interna de Energia no Brasil em 2030 (10^{15} J).



Fonte: Adaptado de EPE (2007).

Segundo o Boletim Mensal do Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro do MME, tendo como referência a matriz de capacidade de geração de energia elétrica para Abril de 2013, a biomassa é responsável por 8,4 % do total, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica.



Fonte: ANNEL (2013), citado por MME (2013).

O Brasil possui mais de 2.000 empreendimentos de geração de energia em operação, representando mais de 105 GW de potência instalada, dos quais 331 geram energia elétrica a partir da biomassa (6,5 GW).

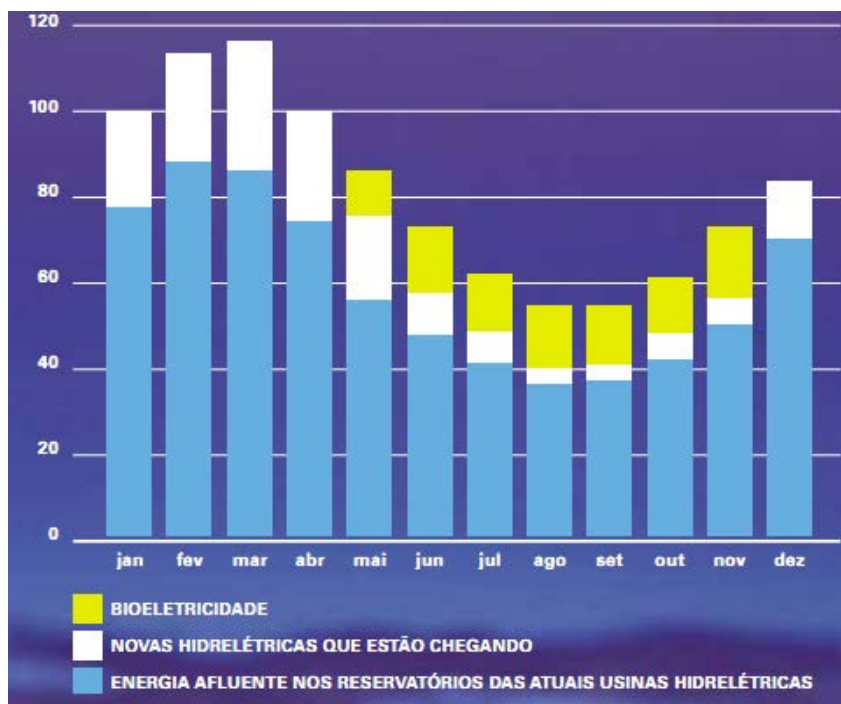
Para a UNICA (2012), no Brasil, 82 % da bioeletricidade vem dos resíduos da cana-de-açúcar, sendo que para cada tonelada de cana-de-açúcar moída na fabricação de açúcar e etanol gera, em média, 290 kg de bagaço (CONAB, 2011) e 200 kg de palha e pontas.

Com alto teor de fibras, o bagaço de cana-de-açúcar, tem sido empregado na produção de vapor e energia elétrica para a fabricação de açúcar e etanol, garantindo a autossuficiência energética das usinas durante o período da safra e gerando excedentes de energia elétrica que são fornecidos para o sistema elétrico brasileiro.

Sem desperdício e evitando emissões de gases de efeito estufa, a bioeletricidade produzida a partir da biomassa da cana-de-açúcar, possui diversas vantagens, tais como:

- Tempo de construção reduzido: com a implantação em 24 meses;
- Complementar à geração hidrelétrica: a bioeletricidade é gerada durante a safra da cana-de-açúcar, entre abril e novembro, que coincide com o período de seca, quando o setor elétrico mais precisa de energia. A Figura 13 representa a contribuição da bioeletricidade, que pode economizar 4 % dos reservatórios para 1.000 MW gerados no período seco (abril a novembro);
- Projetos de menor porte e espectro mais amplo de investidores: atenua os riscos de atrasos e problemas na construção;
- Fortalece a indústria nacional de equipamentos: diferente de outras energias alternativas, a bioeletricidade é integralmente baseada em tecnologia nacional;
- Disponível no centro de consumo do sistema elétrico: evita custos e riscos de transmissão da energia distante dos centros de consumo;
- Responsável por empregos tecnológicos e distribuídos no interior do país: promove a geração e distribuição em polos tecnológicos no interior do Brasil.

Figura 13 - Complementariedade da bioeletricidade sucroenergética.

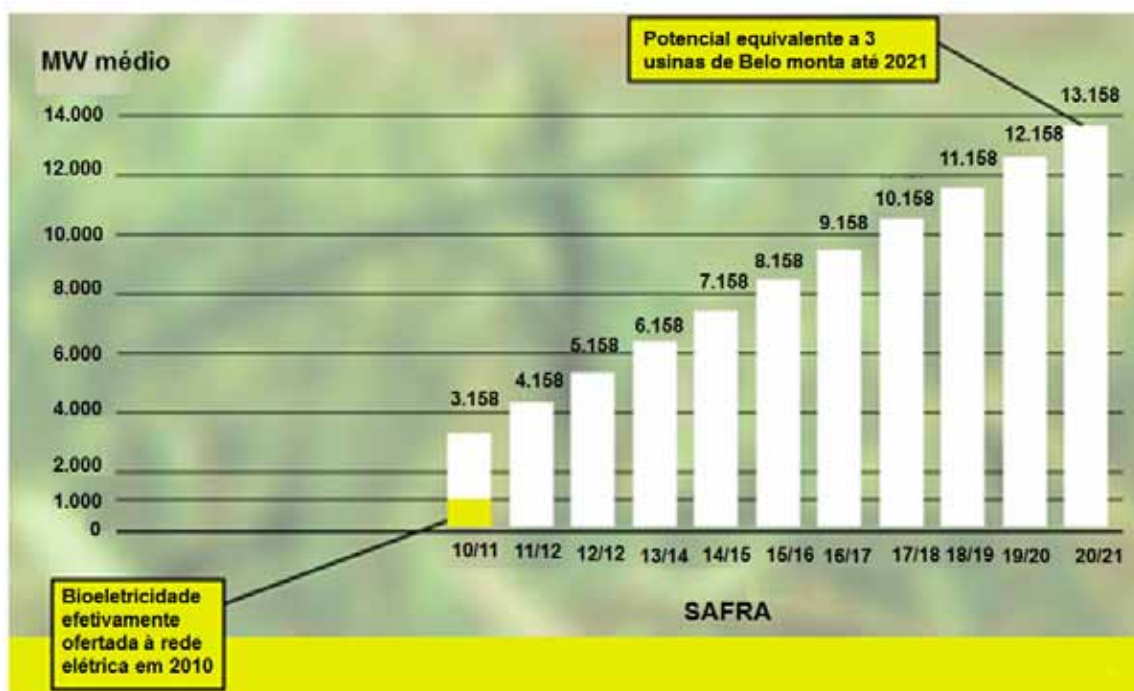


Fonte: UNICA (2012).

De acordo com UNICA (2012), uma tonelada de bagaço pode gerar mais de 300 kWh para a rede elétrica e uma tonelada de palha pode gerar 500 kWh. Considerando que o consumo médio de uma residência brasileira seja de 154 kWh, com 1 hectare de cana-de-açúcar a bioeletricidade pode abastecer cerca de 8 residências durante um ano inteiro.

O Brasil tem se aliado às recentes políticas de apoio a fontes de energia renováveis no mundo, focadas em reduzir as emissões de gases que causam o efeito estufa, porém ainda tem-se muita oportunidade e desafios para continuar evoluindo, principalmente considerando o potencial da bioeletricidade da cana-de-açúcar (Figura 14), conforme citado por UNICA (2012), sendo que das 432 usinas em atividade em 2010 pouco mais de 100 exportaram energia para a rede elétrica, essa quantidade nos dias atuais não apresentou alterações significativas.

Figura 14 - Potencial do mercado da bioeletricidade para a rede elétrica.



Fonte: UNICA (2012).

2.3.2 Produção de excedentes energéticos no setor sucroalcooleiro

As usinas brasileiras consomem como potência de eixo no preparo e moagem da cana-de-açúcar, cerca de 16 kWh por tonelada de cana-de-açúcar, além da demanda de energia elétrica que é de aproximadamente 12 kWh por tonelada de cana-de-açúcar (BIOETANOL DE CANA, 2008).

Assim sendo, as usinas com capacidade de geração superiores a 28 kWh por toneladas de cana-de-açúcar processada, apresentam excedentes energéticos disponíveis para comercialização com a rede pública (BIOETANOL DE CANA, 2008).

Com a valorização desses excedentes e a possibilidade de negociação de energia elétrica com as concessionárias, tem-se uma modernização dos sistemas de cogeração com a implantação de sistemas de pressões elevadas, com significativa produção de excedentes com maior eficiência e menor impacto ambiental (BIOETANOL DE CANA, 2008).

A quantidade de bagaço produzida depende diretamente da quantidade e da fibra de cana-de-açúcar moída e inversamente do teor de fibra do bagaço. Considerando números médios para a fibra da cana-de-açúcar de 11 a 16 % e do bagaço de 42 a 46 %, pode-se considerar que uma tonelada de cana-de-açúcar

produz 285 kg de bagaço, com Poder Calorífico Inferior (PCI) igual a 7.736 kJ/kg (FIOMARI, 2004).

Na Tabela 4 são apresentadas como as condições de vapor afetam a geração de excedentes nas usinas. Para tanto, foram considerados para os cálculos uma produção de 280 kg de bagaço (50 % umidade) por tonelada de cana-de-açúcar, vapor para processo de 2,5 bar e o uso de turbinas a vapor de contrapressão (exceto nos casos em que se assume a operação fora da safra ou com baixos consumos de vapor de processo, que impõem o uso de turbinas de condensação, com o condensador operando a 0,12 bar). Nos dois casos em que é utilizada a palha, assumiu-se que 50 % dela permaneceu no campo (por razões agrônômicas, como a redução da erosão, o reciclo de nutrientes e a manutenção de um nível mínimo de umidade no solo).

Tabela 4 - Energia elétrica e bagaço excedentes em sistemas de cogeração no setor sucroalcooleiro.

Parâmetros do sistema		Consumo de vapor (kg/tc)	Período de geração	Uso da palha (%)	Energia elétrica excedente (kWh/tc)	Bagaço excedente (kg/tc)
P (bar)	T (°C)					
21	300	500	Safra	0	10,4	33
42	400	500	Safra	0	25,4	50
42	450	500	Safra	0	28,3	48
65	480	500	Safra	0	57,6	13
65	480	350	Safra	0	71,6	0
65	480	500	Ano todo	50	139,7	13
65	480	350	Ano todo	50	153,0	0

Fonte: Bioetanol de Cana (2008).

De acordo com a Tabela 4, verifica-se que existe um importante incremento do excedente de energia elétrica para exportação associado à elevação da pressão. Ademais, para o contexto analisado, com a redução do consumo de vapor de processo de 500 para 350 kg de vapor por tonelada de cana-de-açúcar processada, tem-se um aumento de 24 % de excedente de energia elétrica, e com o uso parcial da palha, esse valor amplia-se em 141 %.

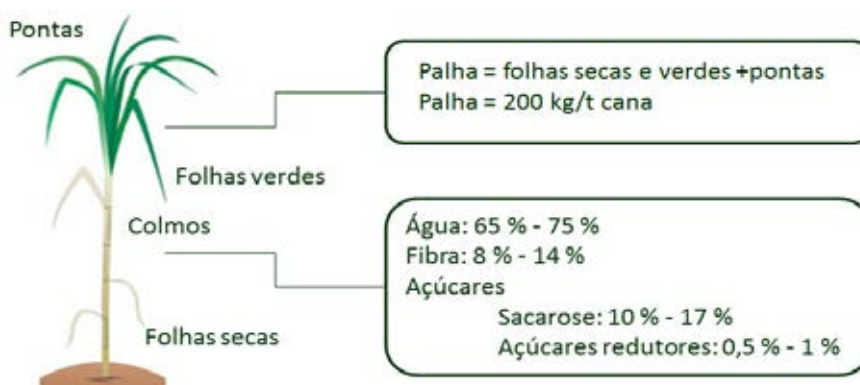
Para o CGEE (2005), citado por Bioetanol de Cana (2008), para se alcançar significativos ganhos com o uso de altos parâmetros de vapor com pressões elevadas, visando aumentar a geração de energia elétrica excedente implica em investimentos

proporcionalmente mais elevados, cuja amortização depende, entre outros fatores do quadro tarifário, do marco regulatório e das perspectivas de oferta no setor elétrico.

2.4 Aproveitamento da palha da cana-de-açúcar

Há um potencial adicional a ser explorado para a cogeração ou produção de etanol celulósico, o qual envolve o aproveitamento da palha. A parte aérea da cana-de-açúcar é composta de colmos, nos quais se concentram a sacarose, e pelas pontas e folhas, que constituem a palha da cana-de-açúcar, conforme representado na Figura 15, que somados totalizam cerca de 35 toneladas de matéria seca por hectare.

Figura 15 - Estrutura típica da biomassa da cana-de-açúcar.



Fonte: Adaptado de Seabra (2008).

A palha, os colmos e boa parte dos ponteiros da cana-de-açúcar são processados simultaneamente na colheita mecânica até a fase da separação pneumática na qual o palhiço é lançado ao solo e os rebolos de cana-de-açúcar são priorizados e transportados até o veículo de transbordo. No conceito atual, onde se prevê uma forte expansão das áreas plantadas, fica em evidência a necessidade de reformular este paradigma para que aproximadamente um terço da energia da cana-de-açúcar seja recuperado com custo e qualidade adequados para seu aproveitamento energético (ROMÃO JUNIOR, 2009).

Duas mudanças importantes podem ser apontadas nos processos atuais de recuperação da palha que contribuiriam para acelerar seu aproveitamento energético: aumentar sua densidade no ato da colheita e eliminar o manuseio intenso com seus correspondentes custos e a contaminação com terra.

A Figura 16 demonstra uma forma de colheita da cana-de-açúcar de açúcar, onde o palhicho é eliminado no próprio campo.

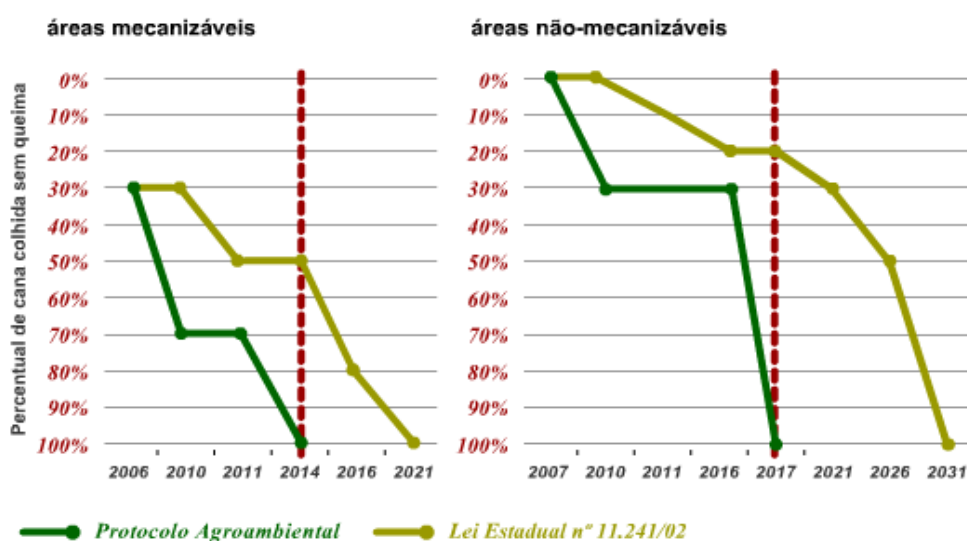
Figura 16 - Colheita mecanizada de cana-de-açúcar.



Fonte: Agrimanagers (2011).

Conforme previsto no Protocolo Ambiental, até 2014 as usinas deverão eliminar 100 % da queimada nas áreas mecanizáveis e, até 2017, o fogo deverá ser eliminado inclusive nas áreas não mecanizáveis, conforme mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Prazos para a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.



Fonte: UNICA (2013).

As perspectivas da cogeração de energia com o bagaço de cana-de-açúcar no estado de São Paulo são excelentes, podendo haver um incremento na potência instalada, em função dos seguintes fatores complementares:

- Aproveitamento da palha e das pontas para a cogeração de energia;
- Repotencialização das usinas, aumentando consideravelmente as capacidades de geração de energia.

Para Linero (2013) a utilização da palha e bagaço da cana-de-açúcar é válida por apresentar características de interesse seja para a cogeração de energia ou seu uso na produção de etanol celulósico, conforme representado na Tabela 5.

Tabela 5 - Caracterização do bagaço e da palha da cana-de-açúcar.

Propriedades	Palha	Bagaço
Energia (MJ)	2110 (280 kg com 50 % umidade)	2110 (280 kg com 50 % umidade)

Fonte: Linero (2013).

Conforme apresentado na Tabela 5, o PCI da palha da cana-de-açúcar e do bagaço é considerado igual se estiverem com 50 % de umidade. Na prática, quando se diz respeito à coleta de palha da lavoura, tem-se a palha seca (aproximadamente 35 % de umidade), folha verde (aproximadamente 50 % de umidade) e pontas (aproximadamente 70 % de umidade), sendo que na média tem-se uma biomassa com 50 % de umidade junto com a cana-de-açúcar transportada.

2.4.1 Mecanismos para recuperação da palha da cana-de-açúcar

Os investimentos para a recuperação da palha deixada no campo visam, num primeiro momento, além de uma melhor produtividade, a utilização da palha juntamente com o bagaço na produção de energia elétrica, aumentando a quantidade de excedentes para comercialização.

O aproveitamento da palha pode ser realizado por uma das alternativas representadas no fluxograma da Figura 18, conforme Selegato (2012).

Figura 18 - Fluxograma de aproveitamento da palha da cana-de-açúcar.



Fonte: Selegato (2012).

Para Pellegrini (2010) o aproveitamento da palha pode ser realizado de duas maneiras, descritas a seguir:

- A cana-de-açúcar é cortada sem queimar, sendo limpa pela colhedora mecânica. Durante a operação, a cana-de-açúcar é ventilada quando colhida. Os toletes são conduzidos pelo elevador da máquina até um caminhão ou transbordo e a palha é deixada no campo. Testes de campo indicam que em média 30 % da palha permanece entranhada na cana-de-açúcar e o que é deixado sobre o solo pode ser recolhido e enfardado. O processo de recolhimento é feito por uma máquina enfardadora, que prensa e prepara a palha para o transporte. A Figura 19 representa as etapas desse método. Em seguida, os fardos de palha são transportados da lavoura até um pátio de armazenamento, onde, por conseguinte, são desenfundados e triturados, com a realização de uma limpeza de minerais para a queima na caldeira, conforme representado na Figura 20.
- A cana-de-açúcar também pode ser colhida e carregada sem limpeza. Toda palha acompanha a cana-de-açúcar, mas esta não poderá ser moída porque diminuiria a capacidade de extração da sacarose. Assim, ao chegar à indústria, a cana-de-açúcar deve ser entregue a uma estação de limpeza a seco, conforme representado na Figura 21.

Figura 19 - Preparo e transporte de fardos de palha de cana-de-açúcar.



Fonte: Selegato (2012).

Figura 20 - Processo de utilização de fardos de palha na indústria.



Fonte: Selegato (2012).

Figura 21 - Sistema de limpeza a seco.



Fonte: Raizen (2012).

A finalidade principal do sistema de limpeza a seco e o aproveitamento da palha é a de separar as impurezas vegetais (palha) e minerais (terra) da cana-de-açúcar colhida mecanicamente nas usinas.

A colheita de cana-de-açúcar crua mecanizada aumentou a quantidade de impurezas minerais e vegetais que acompanham a cana-de-açúcar até a indústria. De acordo com Simisa (2013) uma má limpeza da cana-de-açúcar pode causar diversos problemas, tais como:

- Desgaste das correntes dos transportadores de cana-de-açúcar;
- Desgaste de facas, martelo, camisas, bagaceiras e pentes de moenda;
- Redução da vida útil das correntes dos difusores de cana-de-açúcar e também do índice de percolação;
- Problemas operacionais no setor de tratamento do caldo, filtragem de lodo e industrialização do açúcar e do etanol;
- Problemas de entupimento e desgastes de equipamentos da caldeira;
- Desgaste de bombas e tubulações de caldo;
- Aumento da carga e do consumo de potência dos equipamentos de preparo de cana-de-açúcar (picador e desfibrador) e extração (moendas);
- Redução da capacidade de moagem devido à redução da densidade do bagaço na calha de alimentação do 1º terno;

- Redução da extração devido às impurezas vegetais incorporarem açúcar em sua composição durante os processos de extração, se convertendo em pol no bagaço.

O ganho potencial com o sistema de limpeza a seco pode destacar-se pelos seguintes aspectos:

- Utilização da palha como combustível adicionado ao bagaço para geração de energia elétrica;
- Redução de perdas médias de toletes;
- Economia de diesel das colhedoras;
- Redução de custo de manutenção;
- Aumento da eficiência de recuperação do açúcar;
- Aumento da capacidade de moagem;
- Aumento do potencial de geração de energia elétrica.

Através das técnicas descritas pode-se, portanto, aumentar a eficiência da geração de energia elétrica na usina através da incorporação da palha ao bagaço de cana-de-açúcar para a queima nas caldeiras.

Essas técnicas também podem ser usadas para favorecer a geração de energia excedente no período da entressafra e, com isso, garantir o fornecimento de energia elétrica e/ou energia elétrica excedente para suprir o sistema elétrico através da concessionária ou da indústria localizada em seu entorno.

2.4.2 Custo da palha da cana-de-açúcar

A palha da cana-de-açúcar, diferentemente do bagaço, é um resíduo agrícola e para fazer uso dessa importante fonte energética nas usinas é preciso definir uma rota de recolhimento.

Hassuani et al. (2005) estudaram três alternativas, sendo:

1. A colhedora de cana-de-açúcar operou com extratores ligados e a palha deixada no solo é enfardada e transportada até a usina;
2. A colhedora de cana-de-açúcar operou com os extratores desligados e a palha foi transportada juntamente com a cana-de-açúcar picada e, na usina, a separação foi realizada por um sistema de limpeza a seco;

3. O sistema de limpeza da colhedora de cana-de-açúcar tem o segundo extrato desligado e o primeiro operou em rotação normal. Dessa forma, uma parte da palha foi deixada no campo e a outra seguiu para a usina, passando por uma estação de limpeza a seco.

O caso base, considerado para a avaliação das alternativas supracitadas, foi a colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua, com a operação normal do sistema de limpeza, deixando a palha sobre o solo.

Conforme Hassuani et al. (2005), as três alternativas foram comparadas com o caso base, e os pontos positivos e negativos foram considerados para determinação do custo de recuperação da palha da lavoura até a usina. Alguns dos efeitos econômicos foram:

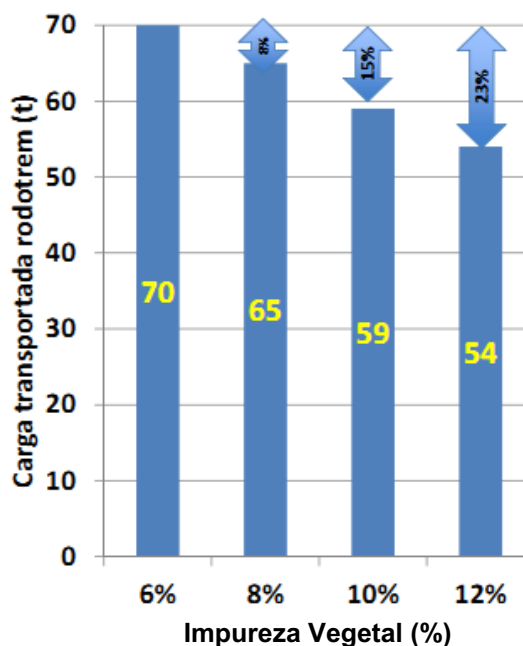
- Os custos adicionais ao caso base referentes ao enfardamento, transporte, processamento, impactos agrônômicos, uso de herbicida, produtividade de cana-de-açúcar, efeitos de compactação do solo, etc...;
- Mudanças nas atividades a serem executadas na preparação do solo, plantio e cultivo, tanto pela simples eliminação de qualquer atividade ou pela diferença do desempenho de equipamentos quando estas atividades são excluídas;
- Redução da capacidade de moagem devido ao aumento da fibra (relacionado à adição de palha à cana-de-açúcar picada);
- Diminuição da eficiência de extração devido ao arraste de açúcar pela fibra adicional.

De acordo com Hassuani et al. (2005), para cada alternativa, o desempenho das atividades de colheita, transporte, pesagem, amostragem, descarregamento, moagem, entre outras relacionadas ao fluxo de cana-de-açúcar foram obtidas através de simulações, que de acordo com as avaliações realizadas, tem-se:

- A rota economicamente mais interessante foi a colheita de cana-de-açúcar com limpeza parcial da palha, deixando uma parte no solo para efeitos agrônômicos (alternativa 3), com o custo da palha estimado em R\$ 30,00 / t;
- A alternativa 2 apresentou-se com o maior custo, superior a R\$ 60,00 / t.

Os pesquisadores do CTC (2013) observaram que a cada 1 % de impureza vegetal tem-se uma redução de 3,8 % de carga transportada (Figura 22).

Figura 22 - Influência da impureza vegetal no transporte de cana-de-açúcar.



Fonte: CTC, 2013.

De acordo com CTC (2013), para o custo total da palha de cana-de-açúcar adicional, deve ser considerado que a redução na carga transportada irá acarretar diretamente no aumento do custo do transporte, devido à presença da palha. Este custo foi classificado em custo fixo e variável:

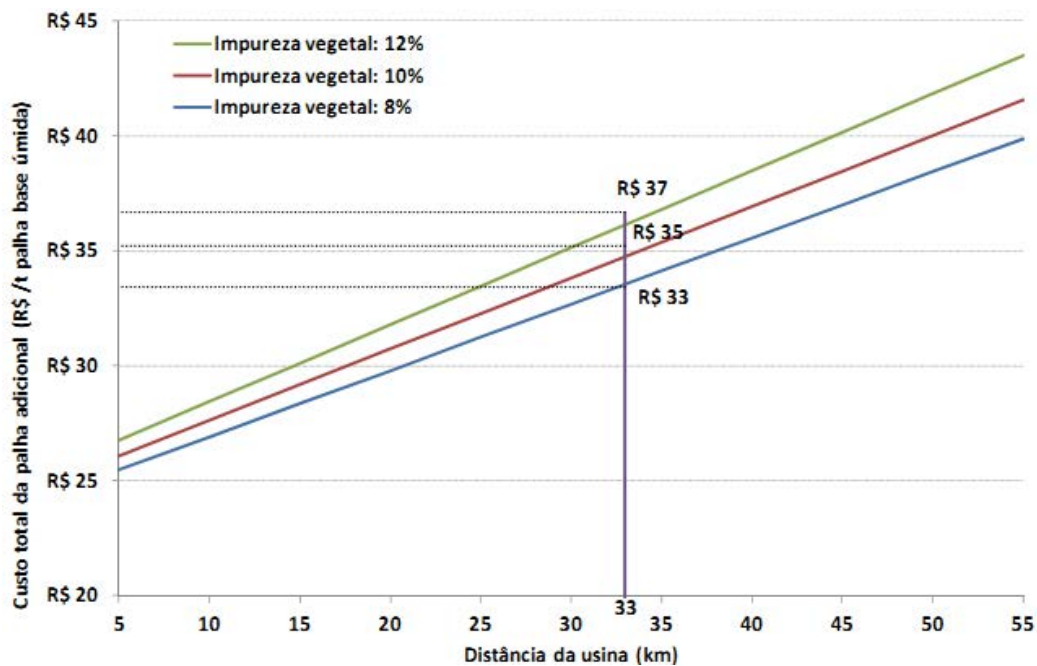
- Custo fixo: Custo de depreciação (capital), Mão-de-obra (salários), documentação e seguros;
- Custo variável (calculado em termos de R\$/t): Manutenção, combustíveis, lubrificantes.

Considerando uma usina com moagem de 6,9 milhões de toneladas, 104 rodotrens para o transporte da cana-de-açúcar com 6 % de impureza vegetal à um raio médio de 33 km, tem-se o custo total de palha para 8, 10 e 12 % de impureza vegetal, representado na Figura 23.

O custo total, representado na Figura 23, considera o transporte, colheita e transbordo.

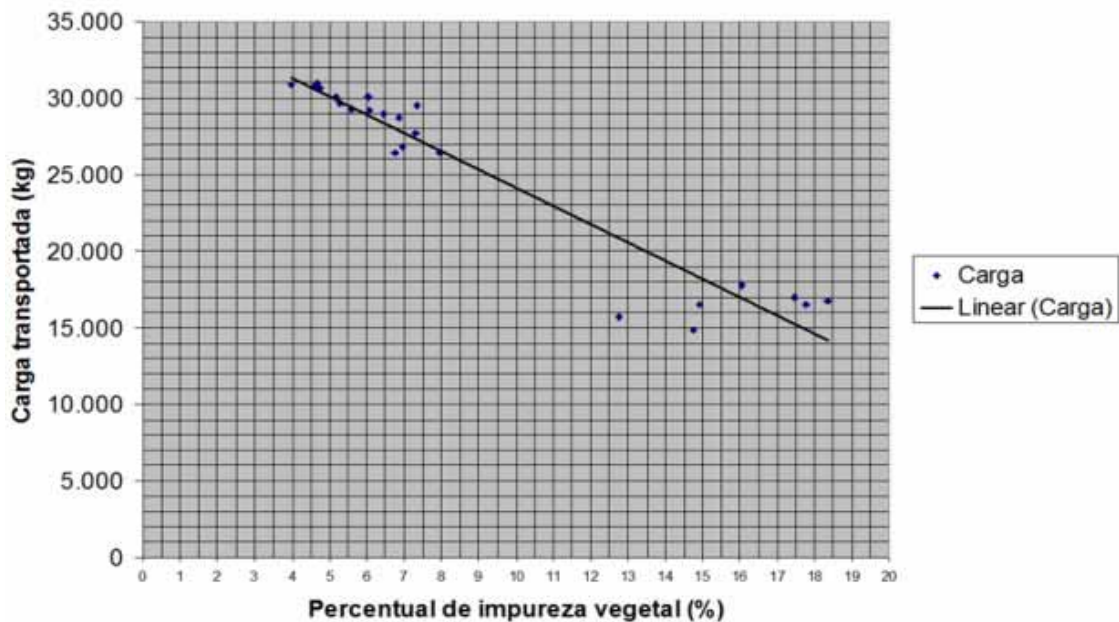
A interferência das impurezas vegetais podem impactar na carga de cana-de-açúcar transportada causando a redução da densidade de carga e aumentando os custos de transporte, conforme representado na Figura 24.

Figura 23 - Influência da impureza vegetal no custo total da palha.



Fonte: CTC (2013).

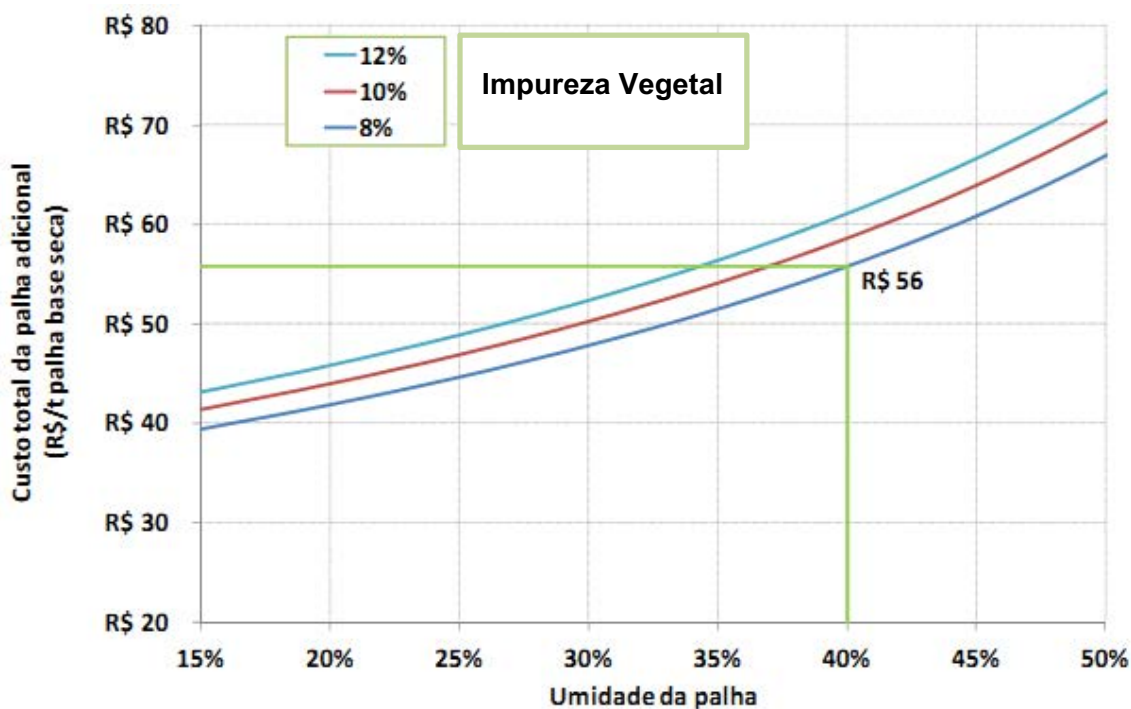
Figura 24 - Efeito da impureza vegetal na carga transportada.



Fonte: STAB (2013).

A umidade apresenta grande influência no custo total da palha da cana-de-açúcar da lavoura à usina, conforme representado na Figura 25.

Figura 25 - Influência da umidade no custo total da palha.



Fonte: CTC (2013).

O tamanho do tolete possui forte influência sobre a densidade de carga e pode representar ganhos de 5 a 8 %, apenas com a regulagem dos rolos transportadores

2.5 Produção de etanol celulósico

A produtividade do etanol brasileiro é de aproximadamente sete mil litros de etanol/ha de cana-de-açúcar. Porém, com o domínio da tecnologia de produção do etanol celulósico a produtividade sofrerá aumento de 30 %, passando para dez mil litros de etanol/ha (CTBE, 2011).

De acordo com o Jornal Cana (2013), a Petrobras já produziu 80 milhões de litros de etanol celulósico com rendimento de 300 litros por tonelada de biomassa seca, com a mesma qualidade do etanol convencional obtido com caldo de cana-de-açúcar.

2.5.1 Efeito da estrutura e composição da biomassa

Ao contrário dos processos termoquímicos, a composição e a estrutura da biomassa têm forte influência na natureza e nos rendimentos dos processos de hidrólise e fermentação (BIOETANOL DE CANA, 2008).

Em processos bioquímicos, como a hidrólise, as relações de celulose, hemiceluloses e lignina são muito importantes. Seabra (2008) buscou reunir diversos dados a respeito da biomassa da cana-de-açúcar (bagaço e palha), conforme representado nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Composição de material celulósico e lignina do bagaço.

Componente	Matéria Sólida (%)			
	Laser et al. (2002)	US DOE (2006)	Pasquini et al. (2005)	Gómez et al. (2006)
Lignina	23,00	23,09	24,50	23,9
Celulose	44,00	39,01	43,50	38,9
Hemiceluloses	28,00	24,91	29,00	26,2

Fonte: Seabra (2008).

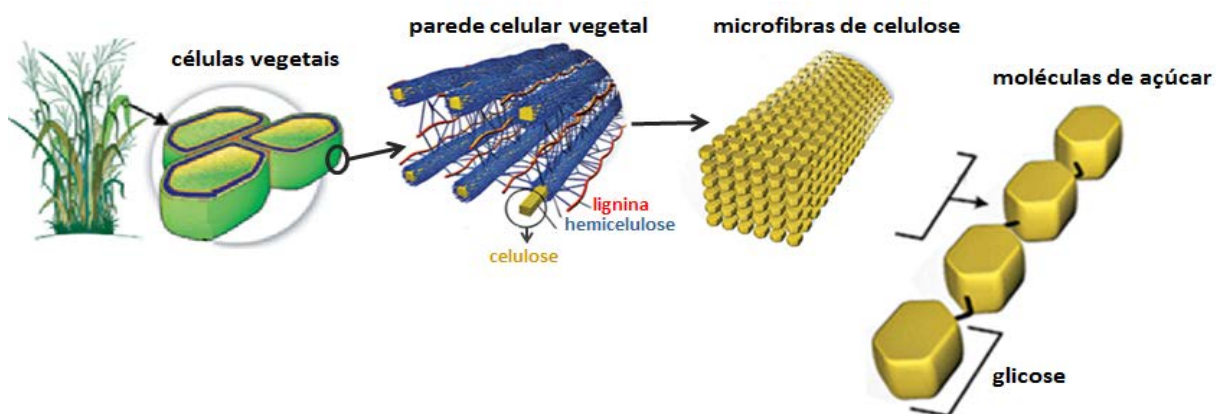
Tabela 7 - Composição do material celulósico e lignina da palha triturada.

Componente	Matéria sólida (%)	
	Peláez Samaniego (2007)	Saad e Gonçalves (2005)
Lignina	22,82	26,00
Celulose	41,42	37,00
Hemiceluloses	32,65	28,00

Fonte: Seabra (2008).

A biomassa lignocelulósica é composta por polissacarídeos (celulose e hemiceluloses) e pela lignina que é um polímero complexo que mantém as células unidas, conforme representado na Figura 26.

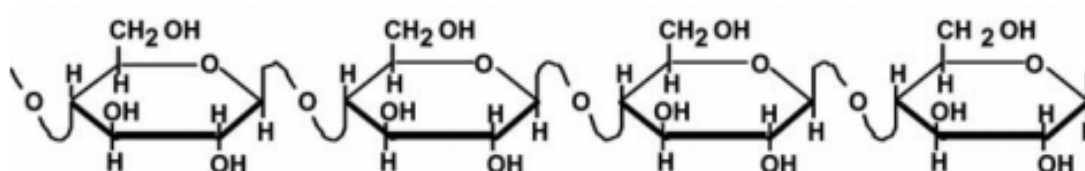
Figura 26 - Estrutura da biomassa lignocelulósica.



Fonte: Adaptado de ACS (2013).

A fração celulósica (40 a 60 % da matéria seca) é difícil de ser quebrada; sua hidrólise gera glicose, um açúcar de seis carbonos (Figura 27), cuja fermentação com *Saccharomyces cerevisiae* já é bem conhecida. A hemicelulose (20 a 40 %), constituída de uma cadeia principal de xilose, é muito mais fácil de ser hidrolisada do que a celulose, mas a fermentação dos açúcares de cinco carbonos ainda não é tão desenvolvida quanto os processos envolvendo glicose (BIOETANOL DE CANA, 2008).

Figura 27 - Representação da celulose.



Fonte: SEABRA (2008).

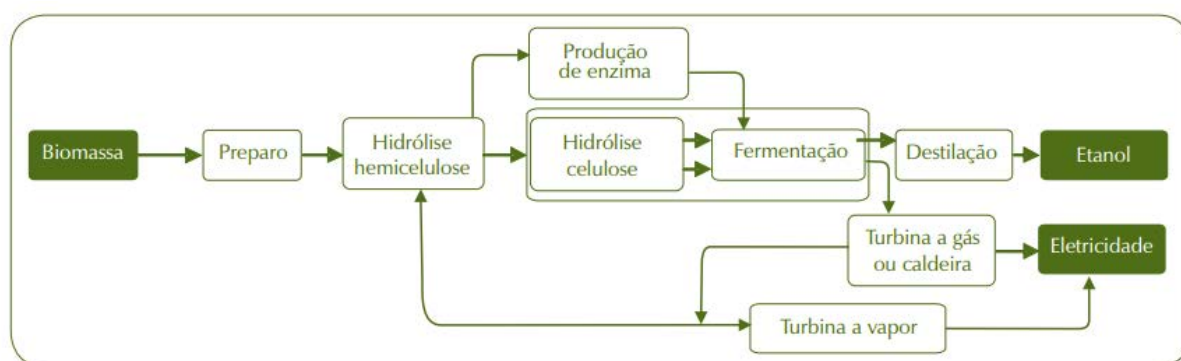
Já a estrutura bioquímica da fração de lignina (10 a 25 %) desempenha um papel fundamental para o sucesso da tecnologia de hidrólise. Apesar de ser possível produzir diversos produtos com base na lignina, atualmente o foco dos estudos tem se voltado para o uso desse material como fonte de energia para os processos, o que garantiria a autossuficiência e, eventualmente, até a possibilidade de exportar alguma energia elétrica excedente.

Naturalmente, essa situação é positiva tanto para a viabilidade econômica da tecnologia quanto para os quesitos ambientais, já que reduziria a dependência por recursos energéticos fósseis externos.

2.5.2 Tecnologias de conversão

As tecnologias para a obtenção do etanol a partir de materiais lignocelulósicos envolvem a hidrólise dos polissacarídeos da biomassa em açúcares fermentáveis e sua posterior fermentação para a produção do etanol. Trata-se de tecnologias complexas e multifásicas, com base no uso de rotas ácidas e/ou enzimáticas para a formação dos açúcares e remoção da lignina. Uma configuração genérica e simplificada do processo é apresentada na Figura 28.

Figura 28 - Esquema do processo de produção de etanol por meio da hidrólise da biomassa.



Fonte: Seabra (2008).

Em cada uma dessas etapas existem diferentes opções tecnológicas em diversos estágios de desenvolvimento.

Todos os processos de conversão requerem um pré-tratamento para alterar a estrutura da biomassa celulósica e tornar os polissacarídeos mais acessíveis aos processos subsequentes. O objetivo é quebrar a proteção de lignina e romper a estrutura cristalina da celulose. Inicialmente, a biomassa é lavada e submetida a um tratamento mecânico para adequar o tamanho das partículas (de poucos centímetros para 1 a 3 mm, para processos com ácido diluído) aos processos bioquímicos posteriores (SEABRA, 2008).

Após a adequação do tamanho da partícula, a lignina e parte das hemiceluloses são solubilizadas, adicionando-se água ou vapor para hidrolisar os polímeros livres

das hemiceluloses. O produto é filtrado e prensado: os sólidos (celulose + lignina) seguem para a hidrólise da celulose e os líquidos (contendo açúcares) vão para a fermentação.

Na etapa da hidrólise da celulose, esta é convertida em glicose ($(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$), com a reação catalisada por ácido diluído, ácido concentrado ou enzimas (celulase). O rendimento do processo geralmente é superior a 90 %, mas se não for precedido por um pré-tratamento, pode ser inferior à 20 % (SEABRA, 2008).

A hidrólise ácida ocorre em dois estágios para aproveitar as diferenças entre hemiceluloses e celulose. O primeiro envolve, essencialmente, a hidrólise das hemiceluloses, conduzido conforme as condições do pré-tratamento. No segundo estágio temperaturas mais elevadas são aplicadas buscando-se otimizar a hidrólise da fração celulósica.

A hidrólise com ácido diluído envolve duas reações:

- 1) O material celulósico é convertido em açúcares, mas se a reação continua, os açúcares são convertidos em outros produtos (tipicamente furfural). A conversão dos açúcares não só reduz os rendimentos, como o furfural e outros coprodutos podem inibir a fermentação (SEABRA, 2008). Assim sendo, a primeira etapa do processo envolve condições brandas (0,7 % de ácido sulfúrico a 190 °C por 3 minutos) para recuperar os açúcares 5-C (pentoses);
- 2) A segunda etapa utiliza condições mais severas (0,4 % de ácido sulfúrico, a 215 °C por 3 minutos) para recuperar os açúcares 6-C (hexoses).

Na hidrólise com ácido concentrado, após o pré-tratamento, a biomassa é submetida à secagem, previamente à adição de ácido sulfúrico concentrado. Adiciona-se água para diluir o ácido e, então, a solução é aquecida para liberar os açúcares, produzindo um gel que pode ser separado dos resíduos sólidos (SEABRA, 2008). O processo utiliza de 30 a 70 % de ácido sulfúrico a baixa temperatura (40 °C), com tempos de reação de 2 a 6 horas, conseguindo atingir altos rendimentos de açúcares (90 %) com baixo nível de degradação.

No processo enzimático, a hidrólise é catalisada por enzimas genericamente chamadas de celulases, que se tratam de um complexo enzimático, que atacam as cadeias de celulose para produzir polissacarídeos de menor comprimento e os terminais não redutores dessas cadeias mais curtas e removem a celobiose.

Como o processo enzimático é conduzido em condições ácidas (pH 4,8 e temperatura entre 45 e 50 °C) o custo de utilidades é relativamente baixo (SEABRA, 2008). O processo, além de permitir maiores rendimentos, possibilita a fermentação simultânea à sacarificação e apresenta baixo custo de manutenção, por não apresentar problemas de corrosão.

De acordo com Seabra (2008), por apresentar grande potencial de evolução e redução de custos, a hidrólise enzimática é a chave para a produção do etanol celulósico a um custo competitivo.

O principal resíduo sólido do processo de produção do etanol celulósico é a lignina, que apesar de possibilitar a produção de diversos coprodutos, a maioria dos estudos têm se concentrado no seu uso como combustível para a geração de energia para o processo, que poderia ser queimada nas caldeiras (juntamente com bagaço e/ou palha) para a geração de eletricidade e calor (SEABRA, 2008).

2.6 Revisão de literatura

Os trabalhos relacionados à cogeração de energia no setor sucroalcooleiro, utilização da palha da cana-de-açúcar e etanol celulósico têm sido estudados, tanto no meio acadêmico quanto nas companhias sucroalcooleiras. A seguir são apresentados, resumidamente, algumas publicações que contribuíram para o presente estudo.

Delfini et al. (2005) desenvolveram e testaram um sistema de limpeza a seco de cana-de-açúcar, com o objetivo de avaliar e melhorar esse sistema, baseado na implantação da Usina Quatá. Durante os testes foram considerados níveis de impurezas para determinação da eficiência do sistema em 3 diferentes condições do carregamento de cana-de-açúcar para a usina, sendo: a cana-de-açúcar limpa na lavoura, parcialmente com palha, e totalmente com palha. Ademais, foram propostas modificações na mesa alimentadora (foram alteradas as barras trapezoidais por pratos perfurados, reduzindo consideravelmente a área de tela aberta e, por conseguinte, reduzindo a quantidade de impureza mineral), na escova rotativa e nos sopradores de ar, com jato de ar mais eficiente e discos rotativos para separar impurezas. Considerando apenas o processo de corte mecanizado de cana-de-açúcar foram realizados em 3 níveis:

- Velocidade normal do ventilador do extrator primário da colhedora (a palha foi removida da cana-de-açúcar na lavoura durante a operação de colheita e coletada por enfardadeiras);
- Velocidade baixa do ventilador do extrator primário da colhedora (parte da palha foi separada da cana-de-açúcar e deixada na lavoura por motivos agrônômicos e o resto foi transportado com a cana-de-açúcar para a usina, onde a separação da palha foi executada pelo sistema de limpeza a seco);
- Ventilador do extrator primário da colhedora desligado (a palha não foi removida da cana-de-açúcar na lavoura, sendo a cana-de-açúcar e a palha transportadas para a usina e separadas pelo sistema de limpeza a seco).

Durante os testes para verificar a eficiência do sistema de limpeza a seco, duas condições extremas de colheita foram consideradas: limpeza convencional da cana-de-açúcar na colhedora, enviando a cana-de-açúcar com pouca palha para a usina e, conseqüentemente, para o sistema de limpeza a seco; colhedora com extrator desligado, enviando toda a palha para a usina. Os resultados dos testes possibilitaram observar que variando a velocidade do ventilador do extrator primário (de normal para desligado) obteve-se também uma variação na eficiência da limpeza das impurezas totais de 46 para 60 %.

Seabra (2008) investigou as opções tecnológicas envolvendo o aproveitamento do bagaço e da palha da cana-de-açúcar considerando diversas tecnologias, como a geração de energia elétrica através da cogeração com ciclos a vapor (opção atualmente comercial), cogeração com gaseificação da biomassa integrada a ciclos combinados, além da produção de etanol através da hidrólise e produção de combustíveis a partir da gaseificação da biomassa. Foi avaliado que opções atualmente comerciais já propiciariam a geração de excedentes de energia elétrica superiores a 140 kWh/tc, com custos em torno de R\$ 100,00/MWh, para os casos de cogeração com alta pressão e uso de alguma palha em conjunto com o bagaço. No entanto, é esperado que, no futuro, sistemas de cogeração com ciclos combinados integrando a gaseificação da biomassa deverão permitir que os níveis de excedentes ultrapassem os 200 kWh/tc, mas com custos também superiores (>140 R\$/MWh).

Barreda (1999) avaliou um sistema de cogeração de uma usina de açúcar e etanol onde se faz uma análise termoeconômica para três safras (1996, 1997 e 1998) através da Teoria do Custo Exergético. Previamente à análise termoeconômica foi feita uma análise exergética do sistema determinando-se as eficiências de Primeira e

Segunda Lei para os principais equipamentos da planta, assim como alguns índices característicos de sistemas de cogeração, baseados na primeira lei da termodinâmica, comparando estes com outras plantas de cogeração. O objetivo fundamental da avaliação foi captar os custos dos principais fluxos do sistema e em específico dos produtos (potência elétrica e vapor de processo) considerando os custos de instalação da planta de cogeração, como se fosse um sistema novo, que será amortizado em 15 anos com uma taxa de juros de 12 % ao ano. Foram feitas diferentes considerações: i) foram determinados para os custos dos fluxos do sistema, que parcela desses custos é devida aos custos dos insumos (água de reposição e bagaço), ii) foi avaliada a influência do aumento da eficiência das caldeiras, considerando diferentes preços do bagaço, iii) na safra 1997 e 1998 foram feitas três abordagens em relação à perda de vapor à atmosfera.

Fiomari (2004) realizou análises energética e exergética de cinco plantas de vapor de uma usina sucroalcooleira. As plantas consideradas foram baseadas na expansão do sistema de cogeração da Destilaria Pioneiros, iniciada em 2003 e finalizada em 2005. Através da primeira e segunda lei da termodinâmica, foi possível avaliar a eficiência e a geração de calor e potência para cada componente (caldeiras, turbinas, condensadores e bombas) que compunham as plantas avaliadas, bem como o aproveitamento global de energia em cada uma delas. Através de índices baseados na primeira lei da termodinâmica, foi possível comparar todas as plantas consideradas. Além disso, foram calculados alguns indicadores que são bastante comuns em usinas de açúcar e etanol, como o consumo específico de vapor nas turbinas ou o consumo específico de vapor de processo. Algumas análises de sensibilidade foram feitas para avaliar o comportamento do aproveitamento global de energia de um ciclo com turbina de extração-condensação levando em consideração a variação de parâmetros como eficiência da caldeira, consumo de vapor de processo e taxa de condensação na turbina de extração-condensação. Observou-se que a eficiência da planta foi bastante sensível à variação da taxa de condensação e aumentou quando se aumentou a demanda do vapor de processo.

Romão Júnior (2009) analisou a possibilidade da utilização da palha como combustível suplementar para caldeiras convencionais de alta pressão (para bagaço), possibilitando, assim, um aumento de geração de energia excedente com a possibilidade de ser exportada para comercialização. Foram realizados estudos de perdas, ganhos e investimentos com a introdução da palha na indústria, através de

análises termodinâmicas de geração de energia, produção de etanol e açúcar, além das eficiências de equipamentos, como colhedoras de cana-de-açúcar, sistema de lavagem de cana-de-açúcar a seco, picador de palha, caldeira de alta pressão, entre outros. Foi verificado que o uso da palha como combustível complementar ao bagaço em caldeiras de alta pressão convencionais é uma boa opção para aumentar a geração de energia na usina. Além de ser financeiramente vantajosa para a empresa, aumentando consideravelmente a receita final da usina, gera uma energia limpa e renovável.

Carvalho (2011) estudou a viabilidade técnica de um sistema de cogeração operando exclusivamente com palha de cana-de-açúcar, no qual foram consideradas duas configurações alternativas, sendo que no Caso 1, que corresponde a uma solução elementar e mais segura, a geração de vapor ocorre a temperaturas abaixo de 400 °C, e a pressões compatíveis. Já no Caso 2, a geração de vapor só com queima da palha ocorre a pressões elevadas, mas sempre com temperaturas abaixo de 400 °C, e o superaquecimento externo do vapor é feito com queima do biogás produzido no processo de biodigestão da vinhaça. Em ambos os casos foram impostas condições de contorno que correspondem à disponibilidade máxima de palha de cana-de-açúcar (50 % da existente no campo), necessidade de atendimento da demanda de vapor de processo, e geração de eletricidade para, no mínimo, garantir a autossuficiência da unidade industrial. O Caso 2 tem vantagens em um contexto em que há necessidade de produção de eletricidade excedente e quando a opção é economicamente viável. A produção de eletricidade excedente no Caso 2 foi considerável, tendo em conta a baixa disponibilidade de biomassa, mas os resultados podem ser melhorados, já que não foi feita a otimização do sistema do ponto de vista termodinâmico.

Passolongo (2011) analisou sob o ponto de vista termodinâmico, termoeconômico e econômico a integração da gaseificação da biomassa em uma usina sucroalcooleira. Foi considerada a gaseificação da palha e da vinhaça, com a queima do bagaço na caldeira para gerar o vapor necessário para a usina, por meio de cinco casos de estudo. Inicialmente foi feita uma análise da planta atual de vapor de uma usina do oeste paulista que utiliza equipamentos modernos e eficientes, incluindo uma caldeira que produz vapor a altos níveis de pressão e temperatura, o qual é utilizado para geração de eletricidade em uma turbina de extração-condensação de múltiplos estágios e em outra turbina de contrapressão. Além disso,

todos os acionamentos das moendas são eletrificados. Na sequência foram definidos casos de estudo que combinam a gaseificação da vinhaça e da palha da cana-de-açúcar com a planta atual de vapor da usina. Por fim, foi definida uma planta de uma usina nova com o dobro da moagem considerada inicialmente, incluindo uma caldeira que gera vapor a altos níveis de pressão e temperatura, e uma turbina de extração-condensação de múltiplos estágios, integrando a gaseificação da palha e da vinhaça. Os resultados mostraram que as plantas com gaseificação promovem um aumento substancial na geração de eletricidade da usina e na eficiência da planta. Entretanto, sob o ponto de vista termoeconômico e econômico, as plantas que integram a gaseificação apresentam maior custo de geração da eletricidade e maior tempo de retorno do investimento.

Dias (2011) et al. publicaram um estudo avaliando a competição entre o etanol celulósico e a produção de energia elétrica utilizando a biomassa da cana-de-açúcar, por ambas utilizarem como matéria-prima bagaço e palha. Dessa forma a produção de etanol celulósico pode concorrer com a produção de eletricidade a partir da fração lignocelulósica da cana-de-açúcar, sendo que após uma análise técnica e econômica da produção integrada de etanol de primeira e segunda geração pode haver uma competição com a cogeração de energia somente se houver o recolhimento de palha da lavoura para aumentar a biomassa disponível e se houver redução dos custos das enzimas para a produção do etanol celulósico, assim como melhores tecnologias para transformação da celulose em etanol.

Cremones (2013) estudou diferentes configurações para a operação de uma planta sucroalcooleira produtora de açúcar, etanol e bioenergia. Foram feitas variações para diferentes moagens, *mix* de produção e capacidade de condensação da planta. Para cada caso foi apresentado uma análise termodinâmica, termoeconômica e econômica identificando as vantagens e desvantagens de cada situação. Toda análise foi feita sobre uma planta de cogeração moderna que passou por uma ampliação recente, sendo adicionado mais uma caldeira e um turbogerador de extração-condensação, ambos operando em pressões e temperaturas elevadas, com necessidade de compra de bagaço para atender aos contratos de energia vendida. Através de algumas ferramentas e conceitos termodinâmicos e econômicos foram feitos alguns comentários quanto à viabilidade e atratividade do empreendimento.

3 FUNDAMENTOS DA ANÁLISE TERMODINÂMICA E ECONÔMICA

3.1 Análise pela Primeira Lei

Segundo Torres (1999), para que haja uma avaliação exergética significativa de um sistema térmico, primeiramente, deve-se recorrer a uma análise energética, utilizando-se da primeira e segunda leis da termodinâmica para avaliar o sistema. O autor também destaca que o uso de uma ou de outra não é suficiente já que a primeira lei e a segunda são complementares.

Assim, a análise termodinâmica se baseia nos princípios da conservação de massa e energia, através da Primeira Lei, do balanço de entropia, Segunda Lei, e balanço de exergia, a partir das anteriores.

No caso da análise termodinâmica de uma planta pode-se considerar o volume de controle em cada equipamento isolado ou em um conjunto e verificar seu desempenho separadamente ou como um todo, sendo que a análise exergética e a quantificação das irreversibilidades ajudam a identificar os equipamentos onde ocorrem as maiores perdas e possíveis condições de melhorias.

A partir de um volume de controle definido, ou seja, definida a região no espaço onde ocorrem os fenômenos de interesse, pode-se aplicar os métodos termodinâmicos para estabelecer os estados e suas propriedades.

É comum se partir do princípio de conservação da massa, também conhecido como equação da continuidade, que considera o fluxo de massa e sua variação através da fronteira e no interior do volume de controle, conforme segue:

$$\frac{dm_{VC}}{dt} = \sum \dot{m}_e - \sum \dot{m}_s \quad (1)$$

Considerando que o sistema em questão opere em regime permanente, não havendo a variação da quantidade de massa, o balanço de massa pode ser escrito como apresentado através da equação:

$$\sum \dot{m}_e - \sum \dot{m}_s = 0 \quad (2)$$

Do princípio de conservação da energia, tem-se

$$\frac{dE_{VC}}{dt} = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gZ_e \right) - \sum \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gZ_s \right) \quad (3)$$

Considerando que as variações de energia cinética e potencial são pequenas comparadas com as demais formas de energia envolvidas e que as mesmas não variam no tempo, tem-se:

$$\dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_s h_s = 0 \quad (4)$$

3.2 Análise pela Segunda Lei

A segunda Lei da Termodinâmica se encarrega da quantificação das irreversibilidades num processo através da propriedade denominada entropia. A entropia é uma propriedade termodinâmica que aparece geralmente associada ao que se denomina de "grau de desordem" de um sistema termodinâmico.

Em sua forma completa a segunda Lei é definida como:

$$\frac{dS_{VC}}{dt} = \dot{S}_{ger} + \sum \frac{\dot{Q}_{VC}}{T_j} + \sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_s s_s \quad (5)$$

Para um processo em regime permanente a Eq. (5) pode ser escrita como:

$$\dot{S}_{ger} + \sum \frac{\dot{Q}_{VC}}{T_j} + \sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_s s_s = 0 \quad (6)$$

A análise energética através da primeira lei da termodinâmica é válida do ponto de vista de uma análise preliminar, contribuindo para observações do comportamento do sistema. Porém, ela por si só, não é capaz de contabilizar as irreversibilidades e as perdas que ocorrem em qualquer processo real (PASSOLONGO, 2011).

Logo, o uso da primeira Lei em conjunto com uma análise exérgica, permite uma possibilidade de análise mais ampla, tanto do ponto de vista da geração de energia e de trabalho mecânico, quanto da forma como este fluxo se comporta, as perdas reais e as ineficiências do sistema (DANTAS, 2010).

3.3 Fundamentos da análise econômica

A análise financeira de projetos é baseada em estimativas para o fluxo de caixa futuro, obtidas a partir de previsões para diversas variáveis. A análise inicial do fluxo de caixa é feita através de valores representativos para as variáveis consideradas, permitindo o cálculo de indicadores financeiros determinísticos.

As técnicas de análise de investimento de capital, segundo Gitman (1984), consideram o fator tempo no valor do dinheiro e envolvem os conceitos de fluxos de caixa supostamente conhecidos ao longo da vida útil do projeto.

Os critérios de rentabilidade baseados em fluxos de caixa descontados têm duas importantes características: por um lado, supõem a consideração de todos os fluxos de caixa associados ao investimento ao longo de toda sua vida útil e, por outro lado, fazem uso do princípio do desconto. A avaliação de um projeto de investimento faz uso da taxa de desconto (j), ou taxa mínima de atratividade (TMA), a qual representa o custo de oportunidade do capital investido ou uma taxa definida pela empresa em função de sua política de investimento (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 1999).

Horlock (1997) apresenta uma série de técnicas desenvolvidas para avaliar projetos de cogeração, baseadas no Valor Presente Líquido (VPL), preço da eletricidade, fluxos de caixa atualizados, preço do calor e períodos de *payback*.

A utilização do método do *payback*, ou tempo de recuperação do capital, corresponde a uma ideia muito simples: aquela segundo a qual um investimento é tanto mais interessante quanto suas entradas de caixa anuais permitirem mais rapidamente recuperar o capital inicialmente investido (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 1999). O uso deste método está associado a um dos critérios de rentabilidade, baseados no fluxo de caixa descontado, descritos a seguir.

3.1.1 Valor Presente Líquido

Técnicas baseadas nos fluxos de caixa são as mais utilizadas para descrever a interação entre as despesas com capital e os benefícios obtidos anualmente com a implantação de um projeto.

Estes benefícios são obtidos através do uso do combustível de uma forma mais racional. O método consiste em atualizar até o ano zero de operação os benefícios

obtidos durante a vida útil do projeto a uma taxa de desconto e, depois, esses valores são somados e descontados do capital gasto inicialmente, sendo o valor resultante denominado como Valor Presente Líquido (*VPL*). O método *VPL* demonstra explicitamente o lucro real líquido que o investidor deve receber ao longo da vida útil do projeto, sendo definido por:

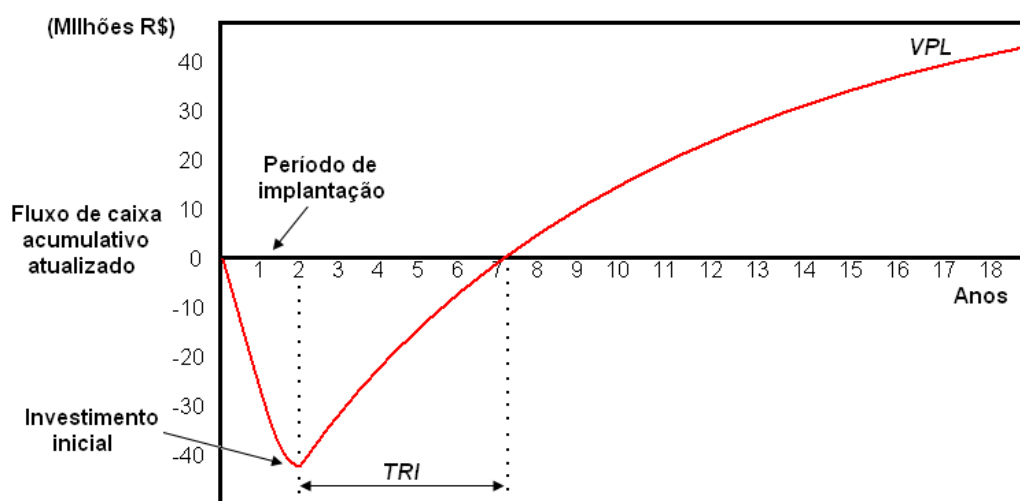
$$VPL = \sum_k^N \frac{ELC}{(1+j)^k} - CTI \quad (7)$$

O critério quando o *VPL* é usado para tomar decisões do tipo “aceitar” ou “recusar” o projeto é o seguinte: se o *VPL* for maior ou igual a zero deve-se aceitar o projeto, pois a empresa obterá um retorno igual ou maior que o custo de capital investido e o projeto conservará ou aumentará o seu patrimônio; caso contrário, se o *VPL* for menor que zero, deve-se recusar o projeto.

Horlock (1997) apresenta uma variação do cálculo do *VPL* que possibilita visualizar graficamente o período em que o fluxo de caixa atualizado e acumulativo anula o investimento inicial (*CTI*). Neste ponto de intersecção, os benefícios obtidos com o projeto implantado retomam o investimento inicial a uma taxa de desconto (*j*).

Este método é denominado de *Discount Cash Flow* e a intersecção no ponto zero possibilita determinar o Tempo de Retorno do Investimento (*TRI*). A Figura 29 representa a *TRI* e o *VPL* graficamente.

Figura 29 - Fluxo de caixa acumulativo típico de um projeto.



Fonte: Passolongo (2011).

3.1.2 Taxa Interna de Retorno

Segundo Gitman (1984), a técnica de análise utilizada para se avaliar alternativas de investimento é a Taxa Interna de Retorno (*TIR*). A taxa interna de retorno de um investimento é a taxa j^* que retorna o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto igual ao investimento inicial ou, equivalentemente, a taxa j^* que torna o *VPL* do projeto igual a zero. Trata-se de um critério mais objetivo, no qual a decisão para avaliar o projeto baseia-se no custo de capital. Se a *TIR* for maior ou igual ao custo do capital ou taxa de desconto adotada, deve-se aceitar o projeto, caso contrário, deve-se rejeitar o projeto.

A *TIR* é determinada iterativamente, segundo a expressão:

$$\sum_k^N \frac{ELC}{(1+j^*)^k} - CTI = 0 \quad (8)$$

onde:

j^* : taxa interna de retorno de um investimento (%).

4 DESCRIÇÃO DOS CASOS E ANÁLISE TERMODINÂMICA

Neste capítulo será detalhada as configurações das plantas estudadas, partindo de um caso base, sobre a qual são propostas modificações para inserção de sistemas de cogeração de energia com aproveitamento de palha e produção de etanol celulósico.

A solução do sistema de equações resultante da análise termodinâmica dos casos é obtida através do emprego do *software* IPSEpro® (SIMTECH IPSEPRO, 2003), que é um programa que possui um conjunto de módulos e bibliotecas que são destinadas à criação de modelos para simulação de processos.

Serão considerados cinco casos, sendo que, inicialmente, será feito um estudo sobre a planta de uma usina sucroalcooleira, com duas caldeiras de 21 bar e uma de 67 bar, sendo que esta apresenta como particularidade a venda de vapor (35 t/h), além de produzir vapor para os acionamentos de moendas e bombas.

Na sequência serão estudadas configurações de sistemas de cogeração de energia com o aproveitamento da palha, destinadas exclusivamente à produção de energia elétrica, incluindo para tanto na planta uma turbina de condensação.

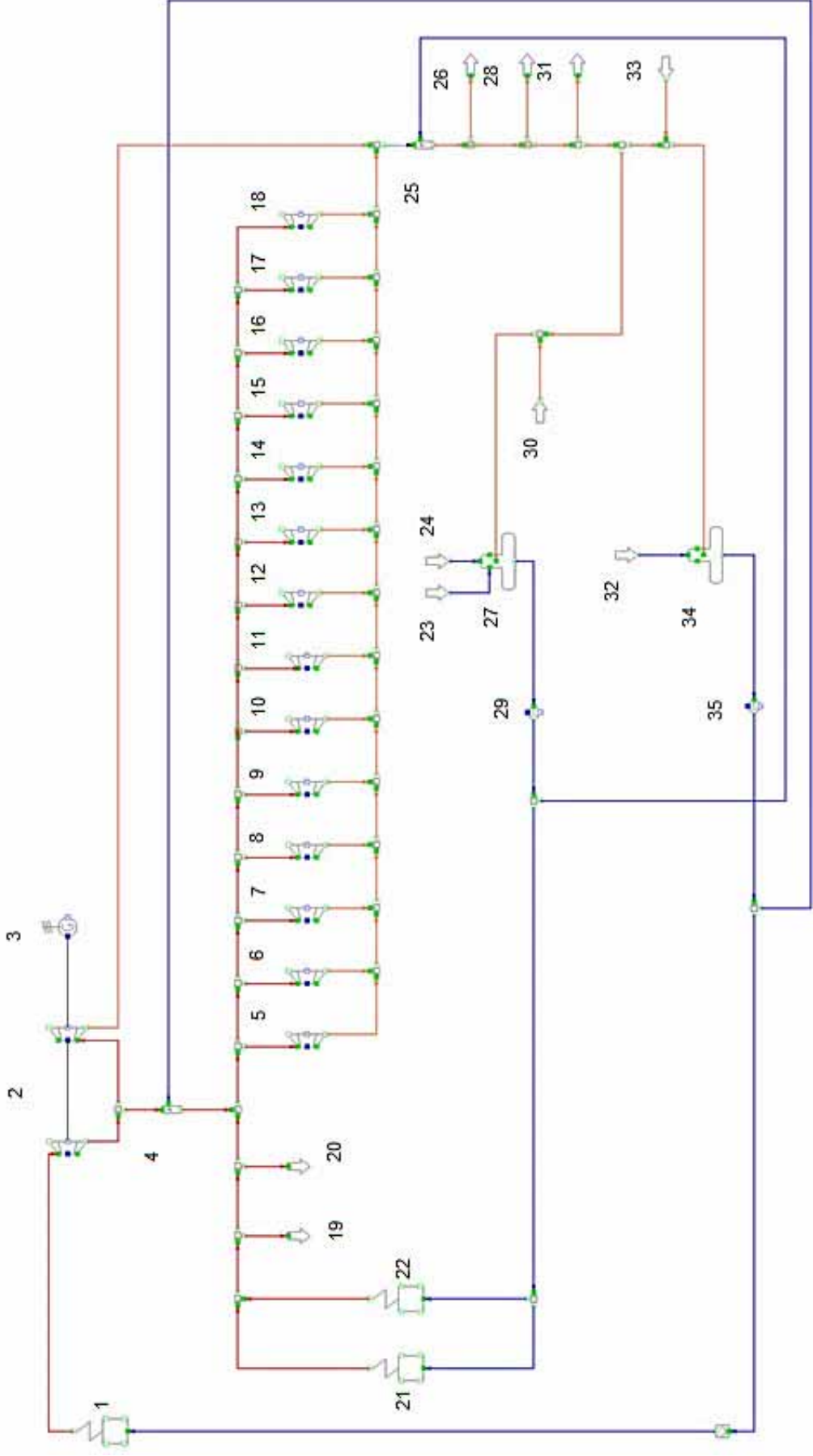
Também ter-se-á o uso de toda a palha para ser destinada à uma planta de etanol celulósico, sendo que para este estudo será apresentado um caso econômico hipotético na qual considera-se o valor mínimo a ser vendido no etanol para se obtenha um ganho conforme a taxa mínima de atratividade.

4.1 Caso 1 – Planta básica para cogeração (caso base)

O primeiro caso a ser estudado é baseado numa planta para cogeração existente, a qual servirá como base neste trabalho para efeito de comparação com os outros casos em que será considerado o aproveitamento da palha para geração adicional de energia ou para a produção de etanol de segunda geração.

A referida planta é mostrada na Figura 30 e a descrição dos equipamentos, acessórios, entradas e saídas dessa planta está relacionada na Tabela 8, de acordo com a numeração usada na Figura 30.

Figura 30 - Planta básica para cogeração no Caso 1, com equipamentos, entradas e saídas numerados.



Fonte: Próprio Autor.

Tabela 8 - Equipamentos, acessórios, entradas e saídas da planta do Caso 1, de acordo com a numeração usada na Figura 30.

Número	Equipamento	Número	Equipamento
1	Caldeira 67 bar / 515 °C	19	Lavagem esteiras (4 TVH)
2	Turbina de extração-contr pressão	20	Vapor (35 TVH)
3	Gerador	21	Caldeira 21 bar / 300 °C
4	Dessuperaquecedor	22	Caldeira 21 bar / 300 °C
5	Turbobomba	23	Reposição de perdas
6	Exaustor	24	Condensado do processo
7	Picador	25	Dessuperaquecedor
8	Desfibrador	26	Perdas / ajustes
9	1° e 2° Ternos	27	Desaerador
10	3° e 4° Ternos	28	Evaporação
11	5° e 6° Ternos	29	Turbobomba
12	Picador	30	Vapor de purga
13	Desfibrador	31	Diversos
14	1° Terno	32	Condensado do processo
15	2° Terno	33	Vapor de purga
16	3° e 4° Ternos	34	Desaerador
17	5° Terno	35	Turbobomba
18	6° Terno	-	-

Fonte: Próprio Autor.

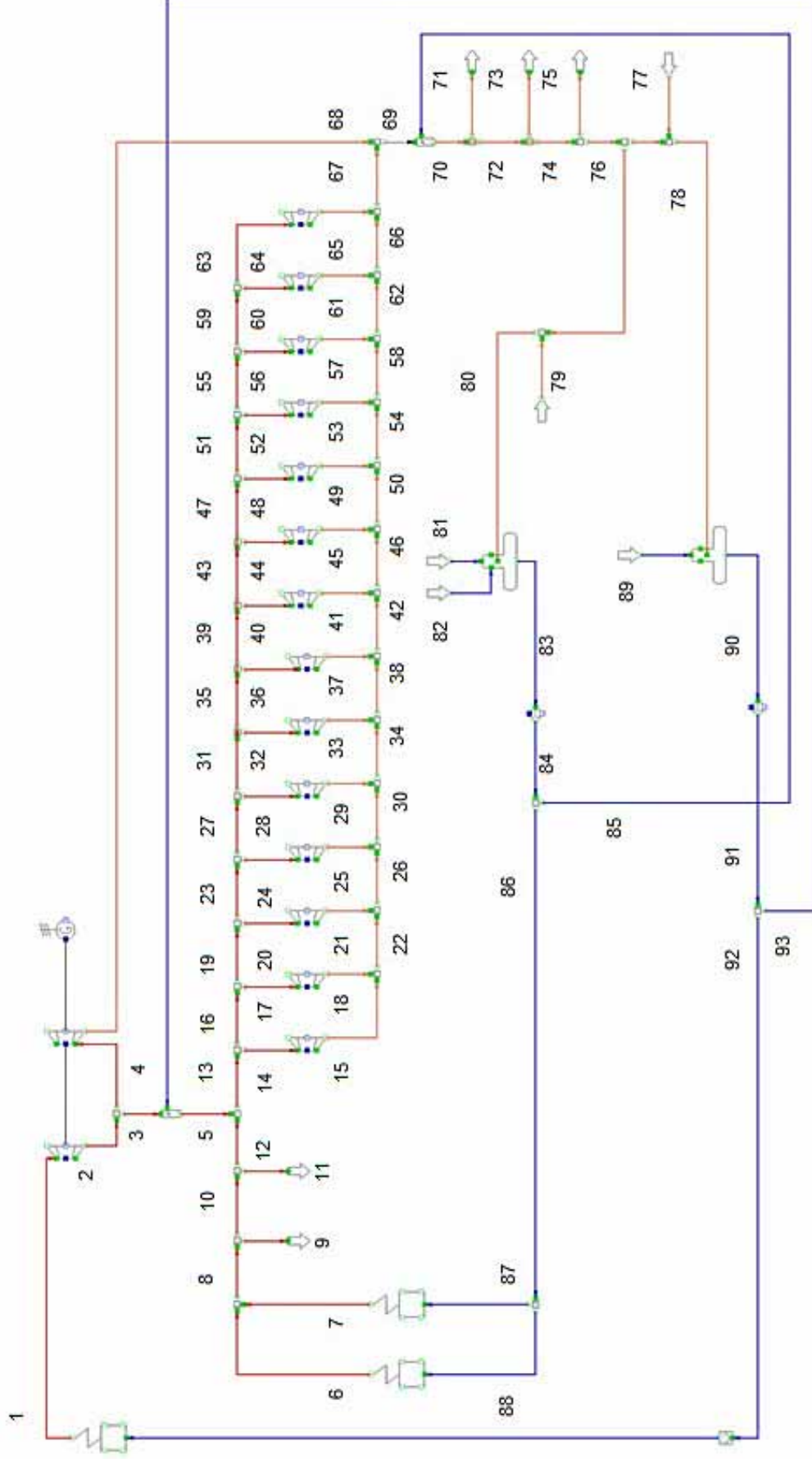
Verifica-se que a planta do Caso 1 é constituída por duas caldeiras com capacidade de produção somadas de 170 t/h de vapor a 21 bar e 300 °C e outra caldeira com capacidade de produzir 275 t/h de vapor a 67 bar e 515 °C, sendo que cerca de 265 t/h deste vapor é consumido por uma turbina de extração-contr pressão acoplada a um gerador de 50 MW. É feita uma extração de 80 t/h de vapor a uma pressão de 21 bar, que se soma ao vapor produzido nas duas caldeiras de 21 bar, para atender o acionamento de moendas e turbobombas e venda de vapor, e o restante do vapor continua a expandir até a pressão de 2,5 bar, para atender o processo de evaporação do caldo.

Vale destacar ainda que o processo industrial consome cerca de 339 t/h de vapor, a uma temperatura de 135 °C. Como a temperatura de escape é próxima de 160 °C é necessária a utilização de um dessupeaquecedor, cuja finalidade é reduzir a temperatura do vapor até um ponto próximo à saturação, através da injeção de uma determinada quantidade de água líquida a 38 °C no vapor. Do ponto de vista

energético não há perdas, pois a diminuição da energia em razão do abaixamento da temperatura é compensada pelo aumento da vazão de vapor que deixa o dessuperaquecedor.

A Figura 31 é a mesma que a Figura 30, só que nela estão numeradas as entradas e saídas dos volumes de controle que serão considerados na simulação numérica, nos quais são expressos alguns parâmetros característicos da planta, tais como: vazão (t/h), pressão (bar), temperatura (°C) e entalpia (kJ/kg), assim como mostrado na Tabela 9 e na Figura 32.

Figura 31 - Numeração dos pontos de entrada e saída dos volumes de controle da planta básica para cogeração no Caso 1.

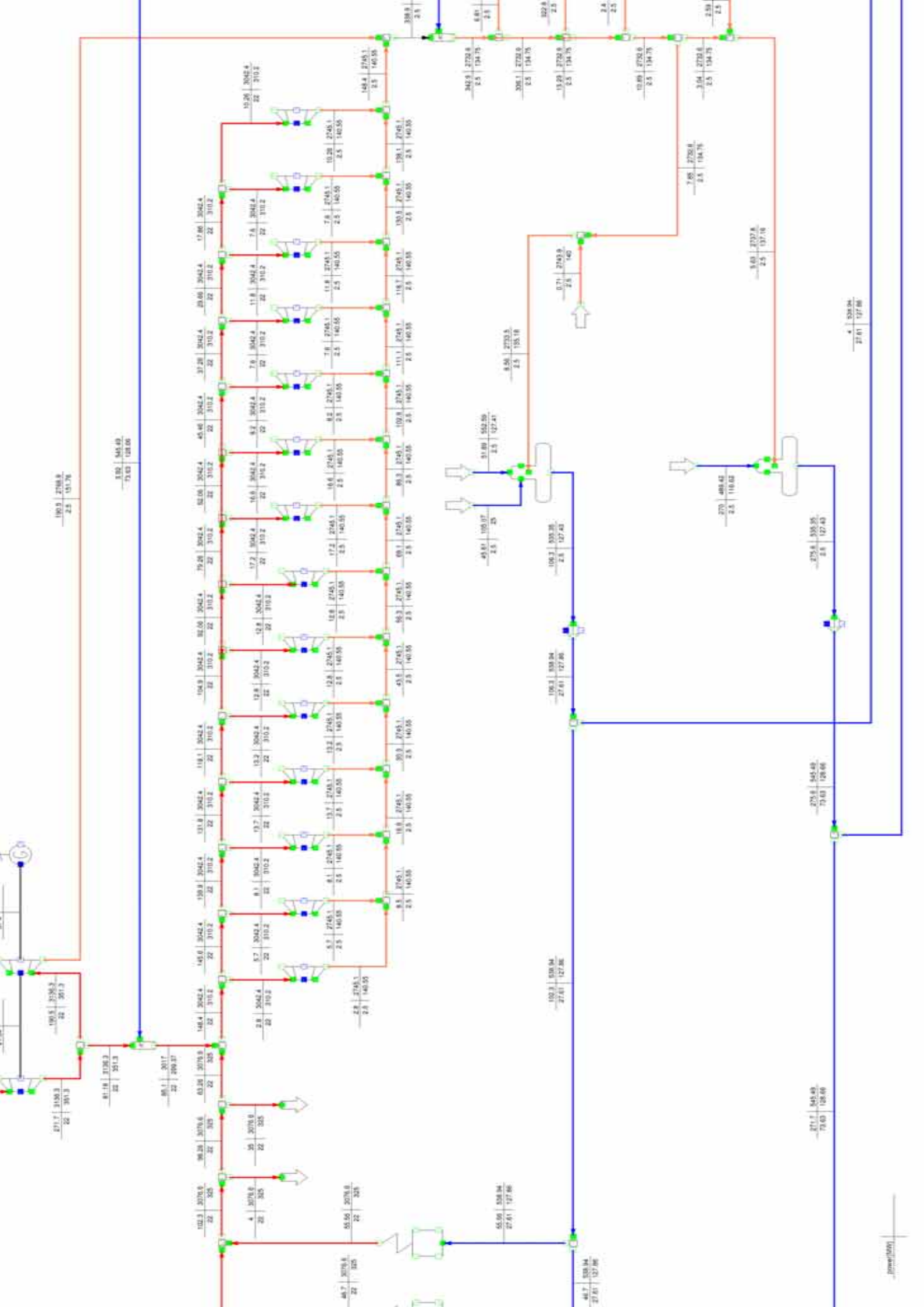


Fonte: Próprio Autor.

Tabela 9 - Parâmetros característicos da planta básica para cogeração no Caso 1.

Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)	Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)
1	271,7	67,0	3.450,9	515,0	48	45,5	22,0	3.042,4	310,2
2	271,7	22,0	3.136,3	351,3	49	8,2	22,0	3.042,4	310,2
3	81,2	22,0	3.136,3	351,3	50	8,2	2,5	2.745,1	140,5
4	190,5	22,0	3.136,3	351,3	51	102,9	2,5	2.745,1	140,5
5	85,1	22,0	3.017,0	299,37	52	37,3	22,0	3.042,4	310,2
6	46,7	22,0	3.076,6	325,0	53	7,6	22,0	3.042,4	310,2
7	55,6	22,0	3.076,6	325,0	54	7,6	2,5	2.745,1	140,5
8	102,3	22,0	3.076,6	325,0	55	111,1	2,5	2.745,1	140,5
9	4,0	22,0	3.076,6	325,0	56	29,7	22,0	3.042,2	310,2
10	98,3	22,0	3.076,6	325,0	57	11,8	22,0	3.042,2	310,2
11	35,0	22,0	3.076,6	325,0	58	11,8	2,5	2.745,1	140,5
12	63,3	22,0	3.076,6	325,0	59	118,7	2,5	2.745,1	140,5
13	148,4	22,0	3.042,4	310,2	60	17,9	22,0	3.042,4	310,2
14	2,8	22,0	3.042,4	310,2	61	7,6	22,0	3.042,4	310,2
15	2,8	2,5	2.745,1	140,5	62	7,6	2,5	2.745,1	140,5
16	145,6	22,0	3.042,4	310,2	63	130,5	2,5	2.745,1	140,5
17	5,7	22,0	3.042,4	310,2	64	10,3	22,0	3.042,4	310,2
18	5,7	2,5	2.745,1	140,5	65	10,3	2,5	2.745,1	140,5
19	139,9	22,0	3.042,4	310,2	66	138,1	2,5	2.745,1	140,5
20	8,1	22,0	3.042,4	310,2	67	148,4	2,5	2.745,1	140,5
21	8,1	2,5	2.745,1	140,5	68	190,5	2,5	2.768,9	151,7
22	8,5	2,5	2.745,1	140,5	69	338,9	2,5	2.758,5	146,8
23	131,8	22,0	3.042,4	310,2	70	342,9	2,5	2.732,6	134,7
24	13,7	22,0	3.042,4	310,2	71	6,8	2,5	2.732,6	134,7
25	13,7	2,5	2.745,1	140,5	72	336,1	2,5	2.732,6	134,7
26	16,6	2,5	2.745,1	140,5	73	322,8	2,5	2.732,6	134,7
27	118,1	22,0	3.042,4	310,2	74	13,2	2,5	2.732,6	134,7
28	13,2	22,0	3.042,4	310,2	75	2,4	2,5	2.732,6	134,7
29	13,2	2,5	2.745,1	140,5	76	10,9	2,5	2.732,6	134,7
30	30,3	2,5	2.745,1	140,5	77	2,6	2,5	2.743,9	140,0
31	104,9	22,0	3.042,4	310,2	78	5,6	2,5	2.537,8	137,2
32	12,8	22,0	3.042,4	310,2	79	0,7	2,5	2.743,9	140,0
33	12,8	2,5	2.745,1	140,5	80	8,6	2,5	2.733,5	135,2
34	43,5	2,5	2.745,1	140,5	81	51,9	2,5	552,6	127,4
35	92,1	22,0	3.042,4	310,2	82	45,8	2,5	105,0	25,0
36	12,8	22,0	3.042,4	310,2	83	106,3	2,5	535,4	127,4
37	12,8	2,5	2.745,1	140,5	84	106,3	27,6	538,9	127,9
38	56,3	2,5	2.745,1	140,5	85	4,0	27,6	538,9	127,9
39	79,3	22,0	3.042,4	310,2	86	102,3	27,6	538,9	127,9
40	17,2	22,0	3.042,4	310,2	87	55,6	27,6	538,9	127,9
41	17,2	2,5	2.745,1	140,5	88	46,7	27,6	538,9	127,9
42	69,1	2,5	2.745,1	140,5	89	270,0	2,5	489,4	116,6
43	62,1	22,0	3.042,4	310,2	90	275,6	2,5	535,4	127,4
44	16,6	22,0	3.042,4	310,2	91	275,6	73,6	545,5	128,7
45	16,6	2,5	2.745,1	140,5	92	271,7	73,6	545,5	128,7
46	86,3	2,5	2.745,1	140,5	93	3,9	73,6	545,5	128,7
47	86,3	2,5	2.745,1	140,5	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.



10.20 3042.4
2.5 151.76

11.00 3042.4
2.5 108.00

10.20 3042.4
2.5 201.3

11.00 3042.4
2.5 210.37

10.20 3042.4
2.5 151.3

11.00 3042.4
2.5 151.3

10.20 3042.4
2.5 137.16

A Tabela 10 apresenta alguns dados da safra da usina considerada.

Tabela 10 - Dados de safra da usina considerada.

Parâmetros	Valores	Unidades
Cana-de-açúcar moída total	3.150.000	t
Dias de safra	225	dias
Potência consumida	12,1	MWh
Moagem horária	708	t/h
Relação bagaço-vapor	0,47	kg/kg
Vazão de bagaço produzido	205,32	t/h
Palha	28,32	t/h
Vazão de bagaço consumido	163,3	t/h
Biomassa para reserva técnica (5%)	11,68	t/h
Sobra de biomassa para entressafra	58,66	t/h

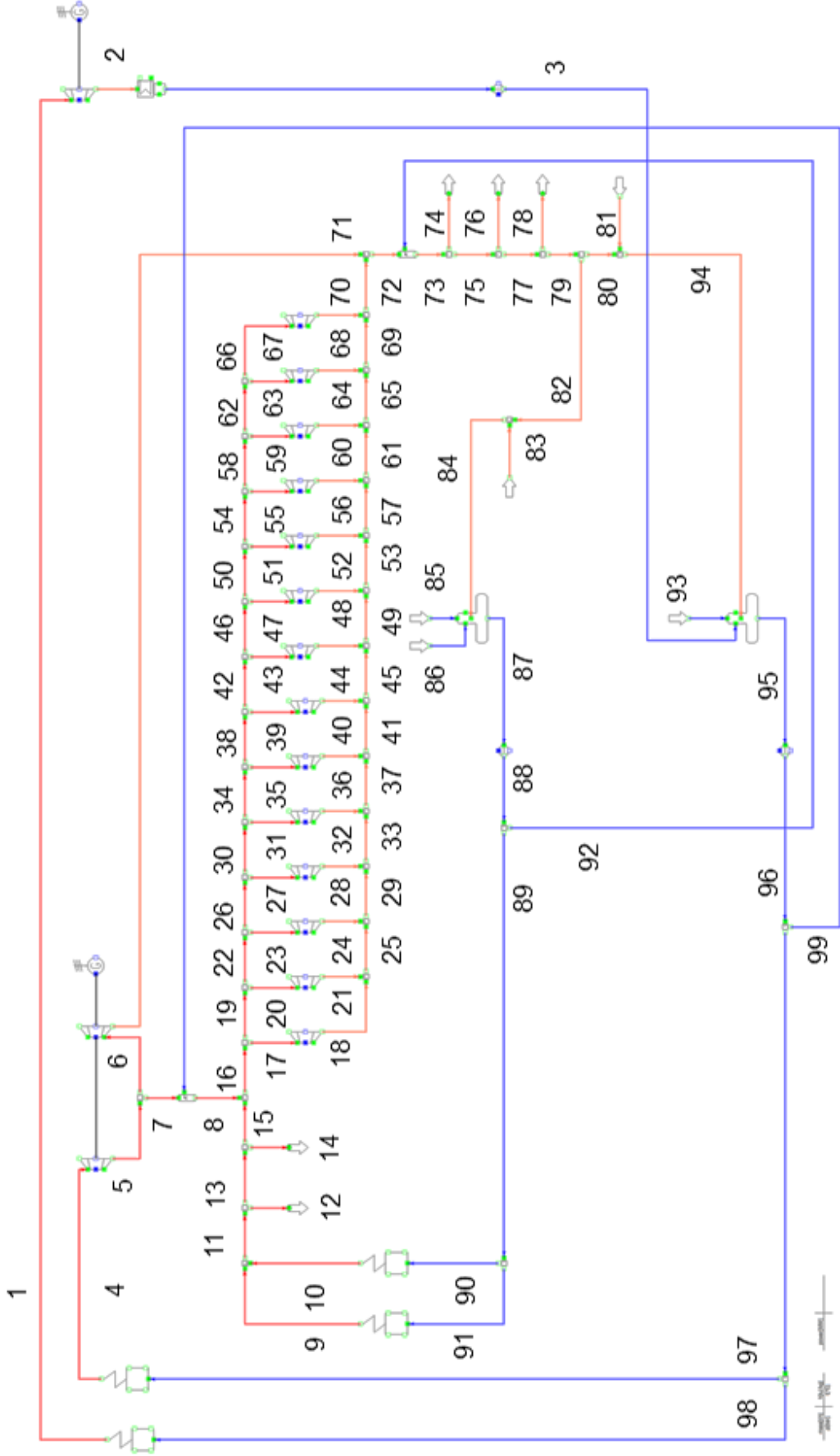
Fonte: Próprio Autor.

Conforme representado na Tabela 10, existe uma quantidade de palha, pois mesmo com os extratores da colhedora acionados é inevitável uma limpeza total da cana-de-açúcar, assim sendo, uma quantidade de palha é recolhida juntamente com a cana-de-açúcar, que em porcentagem equivale a 4 % da cana-de-açúcar transportada até a usina.

4.2 Caso 2 – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento da palha para cogeração

De acordo com a Tabela 10, a biomassa excedente do Caso 1 é armazenada para utilização na entressafra. No Caso 2 é proposta a utilização dessa biomassa através da incorporação na planta do Caso 1 de novos equipamentos tais como uma caldeira, uma turbina de condensação, um gerador, um condensador e uma bomba de condensado, com capacidades definidas de acordo com a quantidade de palha a ser aproveitada (4 a 12 %). Na Figura 33 estão numeradas as entradas e saídas dos volumes de controle que serão considerados na simulação numérica, nos quais são expressos alguns parâmetros característicos da planta, tais como: vazão (t/h), pressão (bar), temperatura (°C) e entalpia (kJ/kg), de acordo com a situação considerada.

Figura 33 - Numeração dos pontos de entrada e saída dos volumes de controle da planta do Caso 2 para o aproveitamento da palha para cogeração.



Fonte: Próprio Autor.

Foram realizadas as simulações e foram obtidos os valores de geração de energia, os quais estão representados na Tabela 11.

Tabela 11 - Geração de energia em função da biomassa (palha+bagaço).

Caso	Quantidade de palha		Biomassa total (t/h)	Energia (MW)
	(%)	(t/h)		
2a	4	28,32	58,66	19,6
2b	6	42,48	72,11	24,09
2c	8	56,64	85,56	28,59
2d	10	70,80	99,18	33,14
2e	12	84,96	112,47	37,58

Fonte: Próprio Autor.

4.2.1 Caso 2a – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 4 % da palha para cogeração

A planta do Caso 2a é constituída por uma caldeira de 67 bar / 515 °C e vazão de vapor de 150 t/h, uma turbina de condensação, produzindo aproximadamente 19,6 MWh, sendo utilizada uma turbina de 20 MW.

Neste caso foi estudado o uso de 4 % de palha por tonelada de cana-de-açúcar colhida e trazida da lavoura juntamente com a cana-de-açúcar (aproximadamente 14,3 % de toda a palha da lavoura), com a separação no sistema de limpeza a seco, o que possibilitou cerca de 58,66 t/h de biomassa destinada para a cogeração de energia.

Para esse caso, foi considerado que o bagaço, antes reservado para a entressafra, fosse inserido juntamente na biomassa para uso na caldeira, enquanto que a reserva técnica de biomassa se manteve em 5 %.

A Figura 34 é a mesma que a Figura 33, só que nela estão expressos alguns parâmetros característicos da planta do Caso 2a, tais como: vazão (t/h), pressão (bar), temperatura (°C) e entalpia (kJ/kg), sendo os mesmos expressos também na Tabela 12.

Tabela 12 - Parâmetros da planta do Caso 2a para aproveitamento de 4 % da palha para cogeração.

Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)	Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)
1	124,8	67,0	3.450,9	515,0	51	8,2	22,0	3.042,4	310,2
2	124,8	2,5	2.744,2	140,1	52	8,2	2,5	2.745,1	140,5
3	124,8	2,5	531,09	126,4	53	102,9	2,5	2.745,1	140,5
4	271,7	67,0	3.450,9	515,0	54	37,3	22,0	3.042,4	310,2
5	271,7	22,0	3.136,3	351,3	55	7,6	22,0	3.042,4	310,2
6	190,5	22,0	3.136,3	351,3	56	7,6	2,5	2.745,1	140,5
7	81,18	22,0	3.136,3	351,3	57	111,1	2,5	2.745,1	140,5
8	85,1	22,0	3.017,0	299,4	58	29,7	22,0	3.042,4	310,2
9	46,7	22,0	3.076,6	325,0	59	11,8	22,0	3.042,4	310,2
10	55,56	22,0	3.076,6	325,0	60	11,8	2,5	2.745,1	140,5
11	102,3	22,0	3.076,6	325,0	61	118,7	2,5	2.745,1	140,5
12	4,0	22,0	3.076,6	325,0	62	17,9	22,0	3.042,4	310,2
13	98,3	22,0	3.076,6	325,0	63	7,6	22,0	3.042,4	310,2
14	35	22,0	3.076,6	325,0	64	7,6	2,5	2.745,1	140,5
15	63,3	22,0	3.076,6	325,0	65	130,5	2,5	2.745,1	140,5
16	148,4	22,0	3.042,4	310,2	66	10,3	22,0	3.042,4	310,2
17	2,8	22,0	3.042,4	310,2	67	10,3	22,0	3.042,4	310,2
18	2,8	2,5	2.745,1	140,5	68	10,3	2,5	2.745,1	140,5
19	145,6	22,0	3.042,4	310,2	69	138,1	2,5	2.745,1	140,5
20	5,7	22,0	3.042,4	310,2	70	148,4	2,5	2.745,1	140,5
21	5,7	2,5	2.745,1	140,5	71	190,5	2,5	2.768,9	151,7
22	139,9	22,0	3.042,4	310,2	72	338,9	2,5	2.758,5	146,8
23	8,1	22,0	3.042,4	310,2	73	342,9	2,5	2.732,6	134,7
24	8,1	2,5	2.745,1	140,5	74	6,8	2,5	2.732,6	134,7
25	8,5	2,5	2.745,0	140,5	75	336,1	2,5	2.732,6	134,7
26	131,8	22	3.042,4	310,2	76	322,8	2,5	2.732,6	134,7
27	13,7	22,0	3.042,4	310,2	77	13,3	2,5	2.732,6	134,7
28	13,7	2,5	2.745,1	140,5	78	2,4	2,5	2.732,6	134,7
29	16,6	2,5	2.745,0	140,5	79	10,9	2,5	2.732,6	134,7
30	118,1	22,0	3.042,4	310,2	80	3,1	2,5	2.732,6	134,7
31	13,2	22,0	3.042,4	310,2	81	2,6	2,5	2.743,9	140,0
32	13,2	2,5	2.745,1	140,5	82	7,8	2,5	2.732,6	134,7
33	30,3	2,5	2.745,1	140,5	83	0,7	2,5	2.743,9	140,0
34	104,9	22,0	3.042,4	310,2	84	8,6	2,5	2.733,5	135,1
35	12,8	22,0	3.042,4	310,2	85	51,9	2,5	552,6	127,4
36	12,8	2,5	2.745,1	140,5	86	45,8	2,5	105,1	25,0
37	43,5	2,5	2.745,1	140,5	87	106,3	2,5	535,4	127,4
38	92,1	22,0	3.042,4	310,2	88	106,3	27,6	538,9	127,8
39	12,8	22,0	3.042,4	310,2	89	102,3	27,6	538,9	127,8
40	12,8	2,5	2.745,1	140,5	90	55,6	27,6	538,9	127,8
41	56,3	2,5	2.745,1	140,5	91	46,7	27,6	538,9	127,8
42	79,3	22,0	3.042,4	310,2	92	4,0	27,6	538,9	127,8
43	17,2	22,0	3.042,4	310,2	93	270,0	2,5	490,9	116,9
44	17,2	2,5	2.745,1	140,5	94	5,7	2,5	2.737,7	137,1
45	69,1	2,5	2.745,1	140,5	95	400,4	2,5	535,3	127,4
46	62,1	22,0	3.042,4	310,2	96	400,4	73,6	545,4	128,6
47	16,6	22,0	3.042,4	310,2	97	271,7	73,6	545,4	128,6
48	16,6	2,5	2.745,1	140,5	98	124,8	73,6	545,4	128,6
49	86,3	2,5	2.745,1	140,5	99	3,9	73,6	545,4	128,6
50	45,5	22,0	3.042,4	310,2	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.

4.2.2 Caso 2b – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 6 % da palha para cogeração

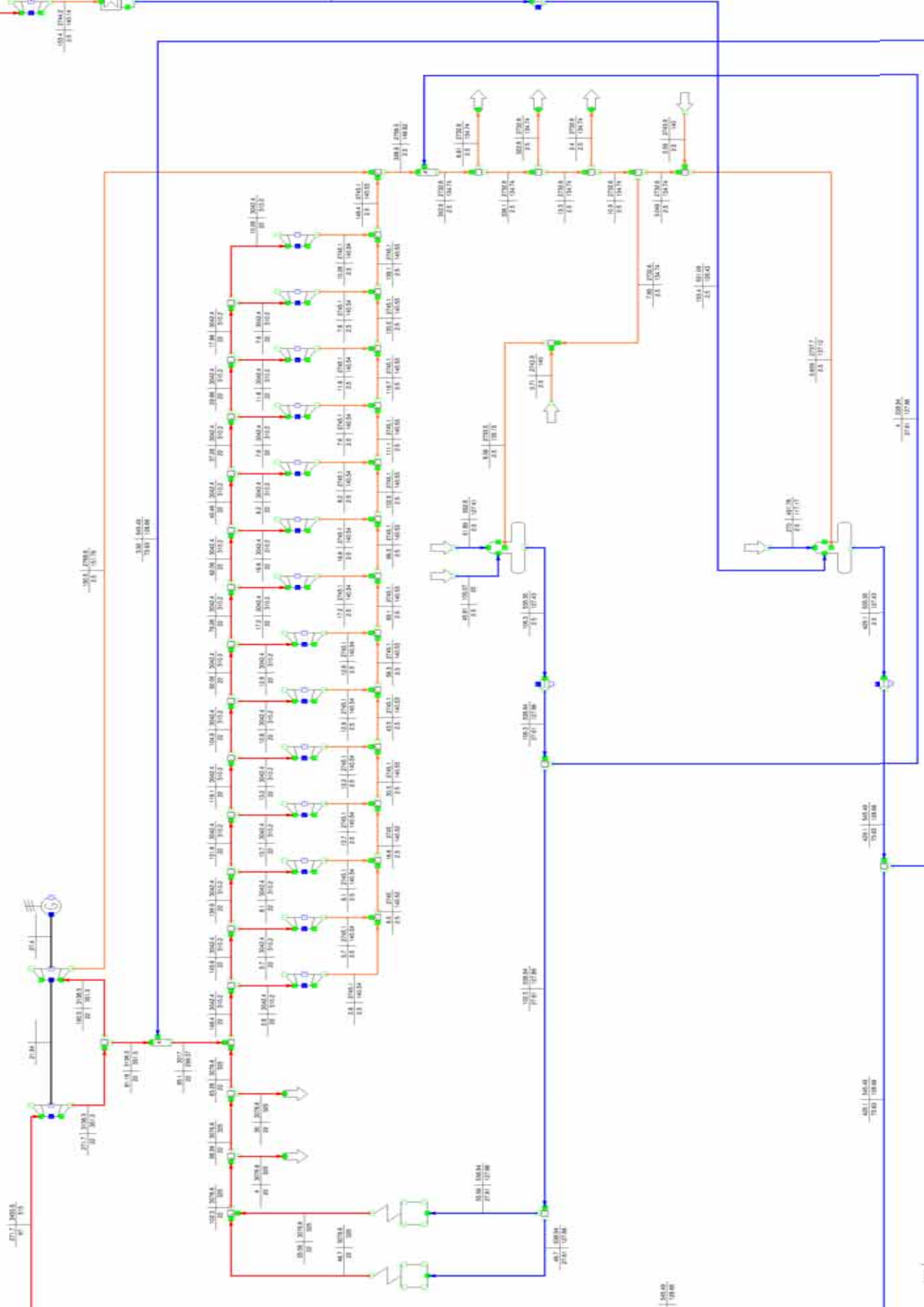
A planta do Caso 2b é constituída por uma caldeira de 67 bar / 515 °C e 200 t/h; com o transporte de 6 % de palha em relação à cana-de-açúcar colhida (42,48 t/h, que equivale a aproximadamente 21,5 % de toda a palha da lavoura), e separada no sistema de limpeza a seco, mantida a reserva técnica de biomassa em 5 %, que possibilitou cerca de 72,11 t/h de biomassa destinada para a cogeração de energia, produzindo aproximadamente 24,09 MWh, sendo utilizada uma turbina de 25 MW.

A Figura 35 apresenta os parâmetros característicos da planta do Caso 2b, como vazão (t/h), pressão (bar), temperatura (°C) e entalpia (kJ/kg), sendo que tais valores são também apresentados na Tabela 13, de acordo com a numeração da Figura 33.

Tabela 13 - Parâmetros da planta do Caso 2b para aproveitamento de 6 % da palha para cogeração.

Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)	Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)
1	153,4	67,0	3.450,9	515,0	51	8,2	22,0	3.042,4	310,2
2	153,4	2,5	2.744,2	140,1	52	8,2	2,5	2.745,1	140,5
3	153,4	2,5	531,09	126,4	53	102,9	2,5	2.745,1	140,5
4	271,7	67,0	3.450,9	515,0	54	37,2	22,0	3.042,4	310,2
5	271,7	22,0	3.136,3	351,3	55	7,6	22,0	3.042,4	310,2
6	190,5	22,0	3.136,3	351,3	56	7,6	2,5	2.745,1	140,5
7	81,1	22,0	3.136,3	351,3	57	111,1	2,5	2.745,1	140,5
8	85,1	22,0	3.017,0	299,3	58	29,6	22,0	3.042,4	310,2
9	46,7	22,0	3.076,6	325,0	59	11,8	22,0	3.042,4	310,2
10	55,5	22,0	3.076,6	325,0	60	11,8	2,5	2.745,1	140,5
11	102,3	22,0	3.076,6	325,0	61	118,7	2,5	2.745,1	140,5
12	4,0	22,0	3.076,6	325,0	62	17,8	22,0	3.042,4	310,2
13	98,2	22,0	3.076,6	325,0	63	7,6	22,0	3.042,4	310,2
14	35,0	22,0	3.076,6	325,0	64	7,6	2,5	2.745,1	140,5
15	63,2	22,0	3.076,6	325,0	65	130,5	2,5	2.745,1	140,5
16	148,4	22,0	3.042,4	310,2	66	10,2	22,0	3.042,4	310,2
17	2,8	22,0	3.042,4	310,2	67	10,2	22,0	3.042,4	310,2
18	2,8	2,5	2.745,1	140,5	68	10,2	2,5	2.745,1	140,5
19	145,6	22,0	3.042,4	310,2	69	138,1	2,5	2.745,1	140,5
20	5,7	22,0	3.042,4	310,2	70	148,4	2,5	2.745,1	140,5
21	5,7	2,5	2.745,1	140,5	71	190,5	2,5	2.768,9	151,7
22	139,9	22,0	3.042,4	310,2	72	338,9	2,5	2.758,5	146,8
23	8,1	22,0	3.042,4	310,2	73	342,9	2,5	2.732,6	134,7
24	8,1	2,5	2.745,1	140,5	74	6,8	2,5	2.732,6	134,7
25	8,5	2,5	2.745,0	140,5	75	336,1	2,5	2.732,6	134,7
26	131,8	22,0	3.042,4	310,2	76	322,8	2,5	2.732,6	134,7
27	13,7	22,0	3.042,4	310,2	77	13,3	2,5	2.732,6	134,7
28	13,7	2,5	2.745,1	140,5	78	2,4	2,5	2.732,6	134,7
29	16,6	2,5	2.745,0	140,5	79	10,9	2,5	2.732,6	134,7
30	118,1	22,0	3.042,4	310,2	80	3,0	2,5	2.732,6	134,7
31	13,2	22,0	3.042,4	310,2	81	2,5	2,5	2.743,9	140,0
32	13,2	2,5	2.745,1	140,5	82	7,8	2,5	2.732,6	134,7
33	30,3	2,5	2.745,1	140,5	83	0,7	2,5	2.743,9	140,0
34	104,9	22,0	3.042,4	310,2	84	8,5	2,5	2.733,5	135,1
35	12,8	22,0	3.042,4	310,2	85	51,8	2,5	552,6	127,4
36	12,8	2,5	2.745,1	140,5	86	45,8	2,5	105,0	25,0
37	43,5	2,5	2.745,1	140,5	87	106,3	2,5	535,3	127,4
38	92,0	22,0	3.042,4	310,2	88	106,3	27,6	538,9	127,8
39	12,8	22,0	3.042,4	310,2	89	102,3	27,6	538,9	127,8
40	12,8	2,5	2.745,1	140,5	90	55,5	27,6	538,9	127,8
41	56,3	2,5	2.745,1	140,5	91	46,7	27,6	538,9	127,8
42	79,2	22,0	3.042,4	310,2	92	4,0	27,6	538,9	127,8
43	17,2	22,0	3.042,4	310,2	93	270,0	2,5	491,1	116,9
44	17,2	2,5	2.745,1	140,5	94	5,6	2,5	2.737,7	137,1
45	69,1	2,5	2.745,1	140,5	95	429,1	2,5	535,3	127,4
46	62,0	22,0	3.042,4	310,2	96	429,1	73,6	545,4	128,6
47	16,6	22,0	3.042,4	310,2	97	271,7	73,6	545,4	128,6
48	16,6	2,5	2.745,1	140,5	98	153,4	73,6	545,4	128,6
49	86,3	2,5	2.745,1	140,5	99	3,9	73,6	545,4	128,6
50	45,4	22,0	3.042,4	310,2	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.



4.2.3 Caso 2c – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 8 % da palha para cogeração

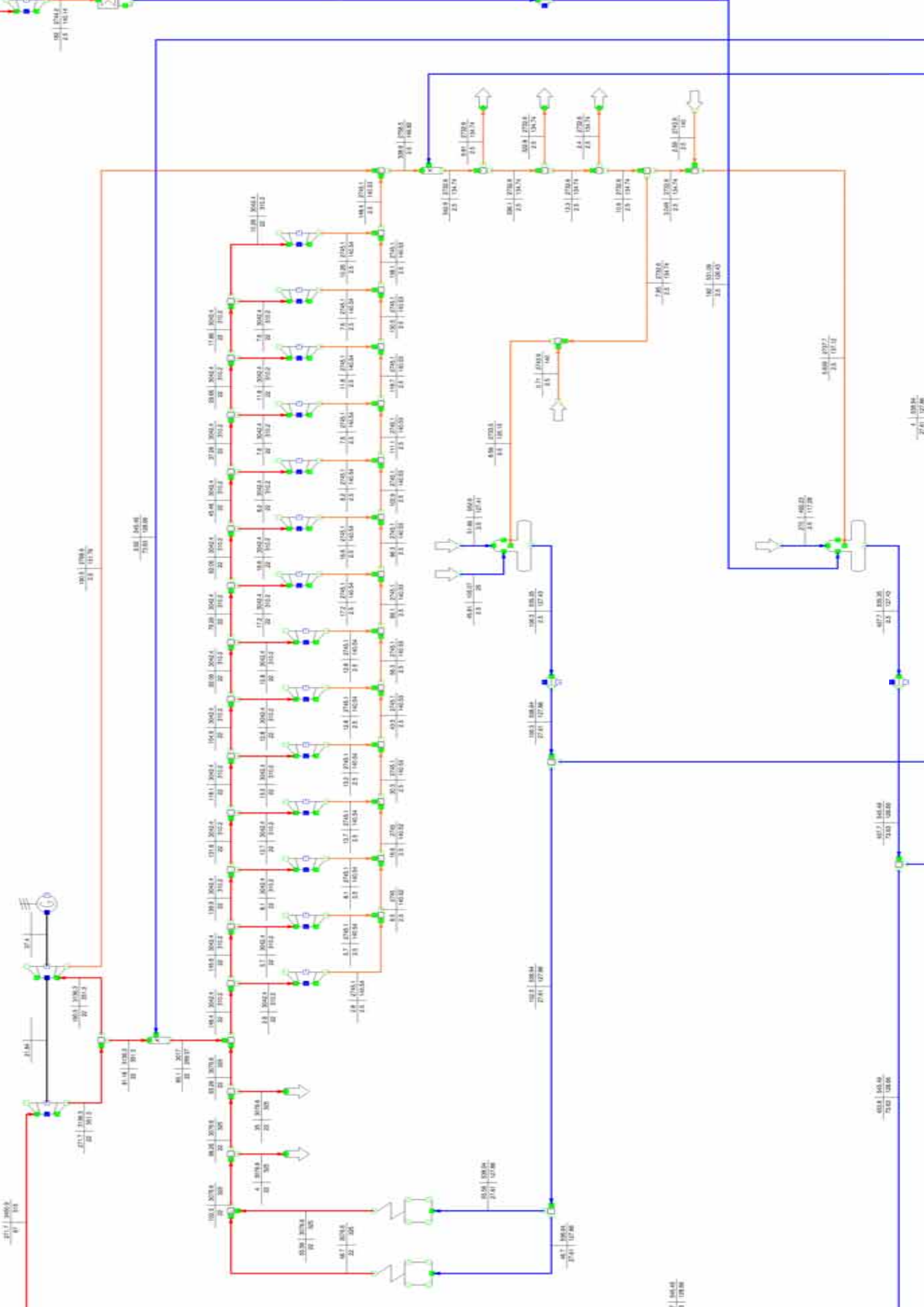
A planta do Caso 2c é constituída por uma caldeira de 67 bar / 515 °C e 200 t/h; com o transporte de 8 % de palha em relação à cana-de-açúcar colhida (56,64 t/h, que equivale a aproximadamente 28,6 % de toda a palha da lavoura), e separada no sistema de limpeza a seco, mantida a reserva técnica de biomassa em 5 %, que possibilitou cerca de 85,56 t/h de biomassa destinada para a cogeração de energia, produzindo aproximadamente 28,59 MWh, sendo utilizada uma turbina de 30 MW.

A Figura 36 apresenta os parâmetros característicos da planta do Caso 2c, como vazão (t/h), pressão (bar), temperatura (°C) e entalpia (kJ/kg), sendo que tais valores são também apresentados na Tabela 14, de acordo com a numeração da Figura 33.

Tabela 14 - Parâmetros da planta do Caso 2c para aproveitamento de 8 % da palha para cogeração.

Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)	Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)
1	182,0	67,0	3.450,9	515,0	51	8,2	22,0	3.042,4	310,2
2	182,0	2,5	2.744,2	140,1	52	8,2	2,5	2.745,1	140,5
3	182,0	2,5	531,09	126,4	53	102,9	2,5	2.745,1	140,5
4	271,7	67	3.450,9	515,0	54	37,2	22,0	3.042,4	310,2
5	271,7	22,0	3.136,3	351,3	55	7,6	22,0	3.042,4	310,2
6	190,5	22,0	3.136,3	351,3	56	7,6	2,5	2.745,1	140,5
7	81,1	22,0	3.136,3	351,3	57	111,1	2,5	2.745,1	140,5
8	85,1	22,0	3017,0	299,3	58	29,6	22,0	3.042,4	310,2
9	46,7	22,0	3.076,6	325,0	59	11,8	22,0	3.042,4	310,2
10	55,5	22,0	3.076,6	325,0	60	11,8	2,5	2.745,1	140,5
11	102,3	22,0	3.076,6	325,0	61	118,7	2,5	2.745,1	140,5
12	4,0	22,0	3.076,6	325,0	62	17,8	22,0	3.042,4	310,2
13	98,2	22,0	3.076,6	325,0	63	7,6	22,0	3.042,4	310,2
14	35,0	22,0	3.076,6	325,0	64	7,6	2,5	2.745,1	140,5
15	63,2	22,0	3.076,6	325,0	65	130,5	2,5	2.745,1	140,5
16	148,4	22,0	3.042,4	310,2	66	10,2	22,0	3.042,4	310,2
17	2,8	22,0	3.042,4	310,2	67	10,2	22,0	3.042,4	310,2
18	2,8	2,5	2.745,1	140,5	68	10,2	2,5	2.745,1	140,5
19	145,6	22,0	3.042,4	310,2	69	138,1	2,5	2.745,1	140,5
20	5,7	22,0	3.042,4	310,2	70	148,4	2,5	2.745,1	140,5
21	5,7	2,5	2.745,1	140,5	71	190,5	2,5	2.768,9	151,7
22	139,9	22,0	3.042,4	310,2	72	338,9	2,5	2.758,5	146,8
23	8,1	22,0	3.042,4	310,2	73	342,9	2,5	2.732,6	134,7
24	8,1	2,5	2.745,1	140,5	74	6,8	2,5	2.732,6	134,7
25	8,5	2,5	2.745,0	140,5	75	336,1	2,5	2.732,6	134,7
26	131,8	22,0	3.042,4	310,2	76	322,8	2,5	2.732,6	134,7
27	13,7	22,0	3.042,4	310,2	77	13,3	2,5	2.732,6	134,7
28	13,7	2,5	2.745,1	140,5	78	2,4	2,5	2.732,6	134,7
29	16,6	2,5	2.745,0	140,5	79	10,9	2,5	2.732,6	134,7
30	118,1	22,0	3.042,4	310,2	80	3,0	2,5	2.732,6	134,7
31	13,2	22,0	3.042,4	310,2	81	2,5	2,5	2.743,9	140,0
32	13,2	2,5	2.745,1	140,5	82	7,8	2,5	2.732,6	134,7
33	30,3	2,5	2.745,1	140,5	83	0,7	2,5	2.743,9	140,0
34	104,9	22,0	3.042,4	310,2	84	8,5	2,5	2.733,5	135,1
35	12,8	22,0	3.042,4	310,2	85	51,8	2,5	552,6	127,4
36	12,8	2,5	2.745,1	140,5	86	45,8	2,5	105,0	25,0
37	43,5	2,5	2.745,1	140,5	87	106,3	2,5	535,3	127,4
38	92,0	22,0	3.042,4	310,2	88	106,3	27,6	538,9	127,8
39	12,8	22,0	3.042,4	310,2	89	102,3	27,6	538,9	127,8
40	12,8	2,5	2.745,1	140,5	90	55,5	27,6	538,9	127,8
41	56,3	2,5	2.745,1	140,5	91	46,7	27,6	538,9	127,8
42	79,2	22,0	3.042,4	310,2	92	4,0	27,6	538,9	127,8
43	17,2	22,0	3.042,4	310,2	93	270,0	2,5	491,1	116,9
44	17,2	2,5	2.745,1	140,5	94	5,6	2,5	2.737,7	137,1
45	69,1	2,5	2.745,1	140,5	95	457,7	2,5	535,3	127,4
46	62,0	22,0	3.042,4	310,2	96	457,7	73,6	545,4	128,6
47	16,6	22,0	3.042,4	310,2	97	271,7	73,6	545,4	128,6
48	16,6	2,5	2.745,1	140,5	98	182,0	73,6	545,4	128,6
49	86,3	2,5	2.745,1	140,5	99	3,9	73,6	545,4	128,6
50	45,4	22,0	3.042,4	310,2	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.



4.2.4 Caso 2d – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 10 % da palha para cogeração

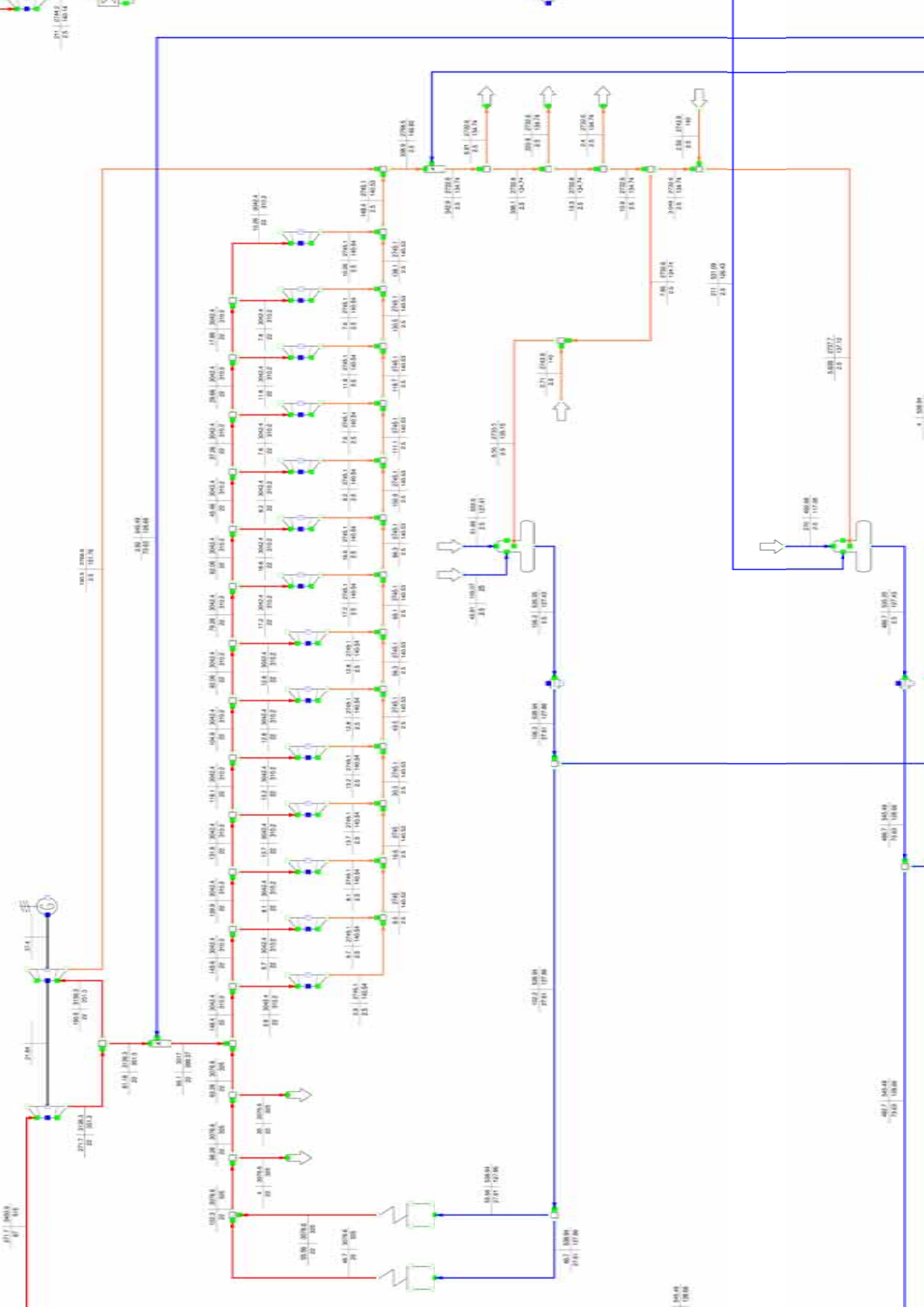
A planta do Caso 2d é constituída por uma caldeira de 67 bar / 515 °C e 250 t/h; com o transporte de 10 % de palha em relação à cana-de-açúcar colhida (70,80 t/h, que equivale a aproximadamente 35,7 % de toda a palha da lavoura), e separada no sistema de limpeza a seco, mantida a reserva técnica de biomassa em 5 %, que possibilitou cerca de 99,18 t/h de biomassa destinada para a cogeração de energia, produzindo aproximadamente 33,14 MWh, sendo utilizada uma turbina de 35 MW.

A Figura 37 apresenta os parâmetros característicos da planta do Caso 2d, como vazão (t/h), pressão (bar), temperatura (°C) e entalpia (kJ/kg), sendo que tais valores são também apresentados na Tabela 15, de acordo com a numeração da Figura 33.

Tabela 15 - Parâmetros da planta do Caso 2d para aproveitamento de 10 % da palha para cogeração.

Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)	Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)
1	211,0	67,0	3.450,9	515,0	51	8,2	22,0	3.042,4	310,2
2	211,0	2,5	2.744,2	140,1	52	8,2	2,5	2.745,1	140,5
3	211,0	2,5	531,0	126,4	53	102,9	2,5	2.745,1	140,5
4	271,7	67,0	3450,9	515,0	54	37,2	22,0	3.042,4	310,2
5	271,7	22,0	3.136,3	351,3	55	7,6	22,0	3.042,4	310,2
6	190,5	22,0	3.136,3	351,3	56	7,6	2,5	2.745,1	140,5
7	81,1	22,0	3.136,3	351,3	57	111,1	2,5	2.745,1	140,5
8	85,1	22,0	3017,0	299,3	58	29,6	22,0	3.042,4	310,2
9	46,7	22,0	3.076,6	325,0	59	11,8	22,0	3.042,4	310,2
10	55,5	22,0	3.076,6	325,0	60	11,8	2,5	2.745,1	140,5
11	102,3	22,0	3.076,6	325,0	61	118,7	2,5	2.745,1	140,5
12	4,0	22,0	3.076,6	325,0	62	17,8	22,0	3.042,4	310,2
13	98,2	22,0	3.076,6	325,0	63	7,6	22,0	3.042,4	310,2
14	35,0	22,0	3.076,6	325,0	64	7,6	2,5	2.745,1	140,5
15	63,2	22,0	3.076,6	325,0	65	130,5	2,5	2.745,1	140,5
16	148,4	22,0	3.042,4	310,2	66	10,2	22,0	3.042,4	310,2
17	2,8	22,0	3.042,4	310,2	67	10,2	22,0	3.042,4	310,2
18	2,8	2,5	2.745,1	140,5	68	10,2	2,5	2.745,1	140,5
19	145,6	22,0	3.042,4	310,2	69	138,1	2,5	2.745,1	140,5
20	5,7	22,0	3.042,4	310,2	70	148,4	2,5	2.745,1	140,5
21	5,7	2,5	2.745,1	140,5	71	190,5	2,5	2.768,9	151,7
22	139,9	22,0	3.042,4	310,2	72	338,9	2,5	2.758,5	146,8
23	8,1	22,0	3.042,4	310,2	73	342,9	2,5	2.732,6	134,7
24	8,1	2,5	2.745,1	140,5	74	6,8	2,5	2.732,6	134,7
25	8,5	2,5	2.745,0	140,5	75	336,1	2,5	2.732,6	134,7
26	131,8	22,0	3.042,4	310,2	76	322,8	2,5	2.732,6	134,7
27	13,7	22,0	3.042,4	310,2	77	13,3	2,5	2.732,6	134,7
28	13,7	2,5	2.745,1	140,5	78	2,4	2,5	2.732,6	134,7
29	16,6	2,5	2.745,0	140,5	79	10,9	2,5	2.732,6	134,7
30	118,1	22,0	3.042,4	310,2	80	3,0	2,5	2.732,6	134,7
31	13,2	22,0	3.042,4	310,2	81	2,5	2,5	2.743,9	140,0
32	13,2	2,5	2.745,1	140,5	82	7,8	2,5	2.732,6	134,7
33	30,3	2,5	2.745,1	140,5	83	0,7	2,5	2.743,9	140,0
34	104,9	22,0	3.042,4	310,2	84	8,5	2,5	2.733,5	135,1
35	12,8	22,0	3.042,4	310,2	85	51,8	2,5	552,6	127,4
36	12,8	2,5	2.745,1	140,5	86	45,8	2,5	105,0	25,0
37	43,5	2,5	2.745,1	140,5	87	106,3	2,5	535,3	127,4
38	92,0	22,0	3.042,4	310,2	88	106,3	27,6	538,9	127,8
39	12,8	22,0	3.042,4	310,2	89	102,3	27,6	538,9	127,8
40	12,8	2,5	2.745,1	140,5	90	55,5	27,6	538,9	127,8
41	56,3	2,5	2.745,1	140,5	91	46,7	27,6	538,9	127,8
42	79,2	22,0	3.042,4	310,2	92	4,0	27,6	538,9	127,8
43	17,2	22,0	3.042,4	310,2	93	270,0	2,5	491,1	116,9
44	17,2	2,5	2.745,1	140,5	94	5,6	2,5	2.737,7	137,1
45	69,1	2,5	2.745,1	140,5	95	486,7	2,5	535,3	127,4
46	62,0	22,0	3.042,4	310,2	96	486,7	73,6	545,4	128,6
47	16,6	22,0	3.042,4	310,2	97	271,7	73,6	545,4	128,6
48	16,6	2,5	2.745,1	140,5	98	211,0	73,63	545,4	128,6
49	86,3	2,5	2.745,1	140,5	99	3,9	73,63	545,4	128,6
50	45,4	22,0	3.042,4	310,2	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.



4.2.5 Caso 2e – Planta básica com incorporação de equipamentos para aproveitamento de 12 % da palha para cogeração

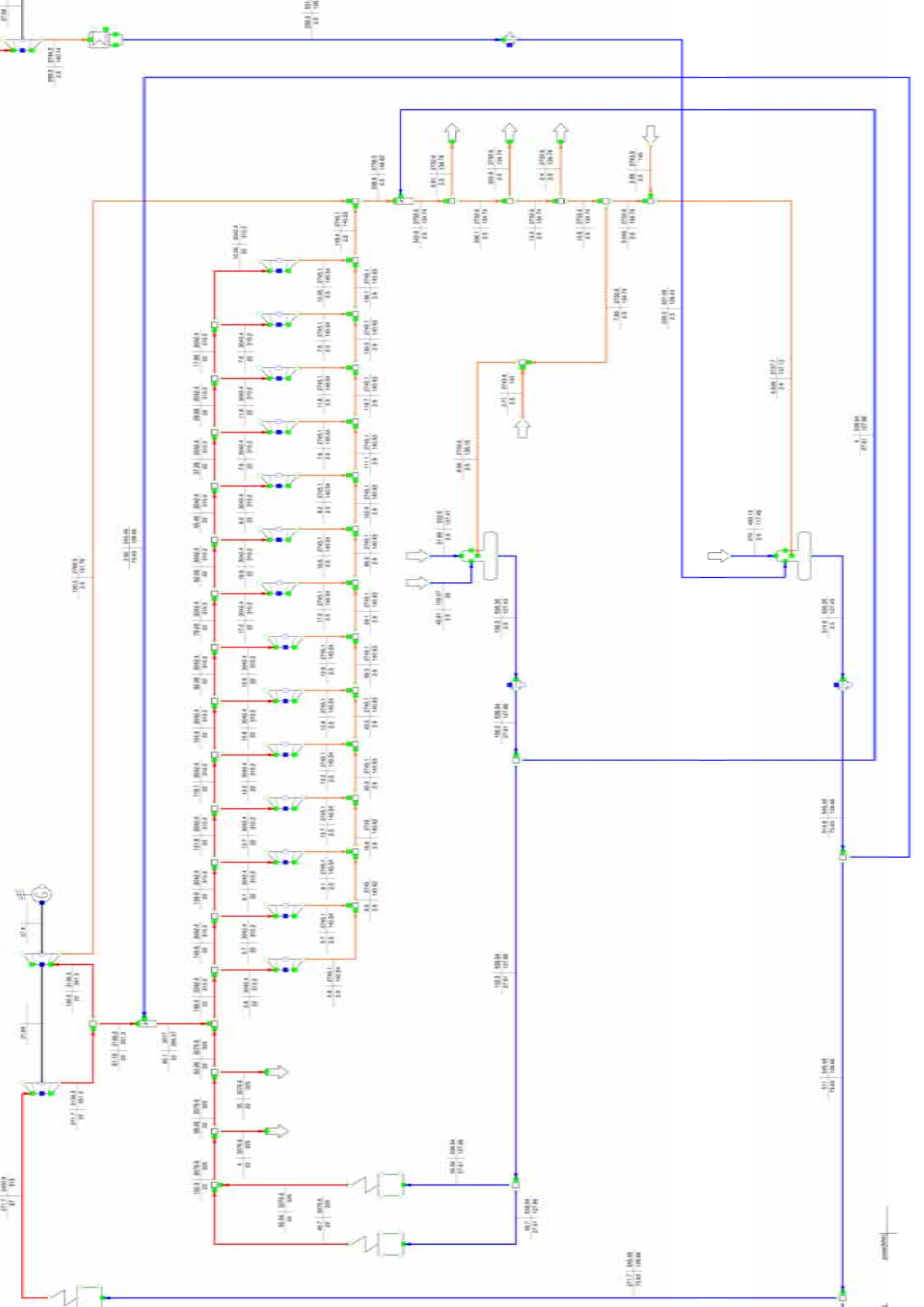
A planta do Caso 2e é constituída por uma caldeira de 67 bar / 515 °C e 250 t/h; com o transporte de 12 % de palha em relação à cana-de-açúcar colhida (84,96 t/h, que equivale a aproximadamente 42,9 % de toda a palha da lavoura), e separada no sistema de limpeza a seco, mantida a reserva técnica de biomassa em 5 %, que possibilitou cerca de 112,47 t/h de biomassa destinada para a cogeração de energia, produzindo aproximadamente 37,58 MWh, sendo utilizada uma turbina de 40 MW.

A Figura 38 apresenta os parâmetros característicos da planta do Caso 2e, como vazão (t/h), pressão (bar), temperatura (°C) e entalpia (kJ/kg), sendo que tais valores são também apresentados na Tabela 16, de acordo com a numeração da Figura 33.

Tabela 16 - Parâmetros da planta do Caso 2e para aproveitamento de 12 % da palha para cogeração.

Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)	Ponto	\dot{m} (t/h)	P (bar)	h (kJ/kg)	T (°C)
1	239,3	67,0	3.450,9	515,0	51	8,2	22,0	3.042,4	310,2
2	239,3	2,5	2.744,2	140,1	52	8,2	2,5	2.745,1	140,5
3	239,3	2,5	531,0	126,4	53	102,9	2,5	2.745,1	140,5
4	271,7	67,0	3.450,9	515,0	54	37,2	22,0	3.042,4	310,2
5	271,7	22,0	3.136,3	351,3	55	7,6	22,0	3.042,4	310,2
6	190,5	22,0	3.136,3	351,3	56	7,6	2,5	2.745,1	140,5
7	81,1	22,0	3.136,3	351,3	57	111,1	2,5	2.745,1	140,5
8	85,1	22,0	3017,0	299,3	58	29,6	22,0	3.042,4	310,2
9	46,7	22,0	3.076,6	325,0	59	11,8	22,0	3.042,4	310,2
10	55,5	22,0	3.076,6	325,0	60	11,8	2,5	2.745,1	140,5
11	102,3	22,0	3.076,6	325,0	61	118,7	2,5	2.745,1	140,5
12	4,0	22,0	3.076,6	325,0	62	17,6	22,0	3.042,4	310,2
13	98,2	22,0	3.076,6	325,0	63	7,6	22,0	3.042,4	310,2
14	35,0	22,0	3.076,6	325,0	64	7,6	2,5	2.745,1	140,5
15	63,2	22,0	3.076,6	325,0	65	130,5	2,5	2.745,1	140,5
16	148,4	22,0	3.042,4	310,2	66	10,6	22,0	3.042,4	310,2
17	2,8	22,0	3.042,4	310,2	67	10,6	22,0	3.042,4	310,2
18	2,8	2,5	2.745,1	140,5	68	10,6	2,5	2.745,1	140,5
19	145,6	22,0	3.042,4	310,2	69	138,1	2,5	2.745,1	140,5
20	5,7	22,0	3.042,4	310,2	70	148,4	2,5	2.745,1	140,5
21	5,7	2,5	2.745,1	140,5	71	190,5	2,5	2.768,9	151,7
22	139,9	22,0	3.042,4	310,2	72	338,9	2,5	2.758,5	146,8
23	8,1	22,0	3.042,4	310,2	73	342,9	2,5	2.732,6	134,7
24	8,1	2,5	2.745,1	140,5	74	6,81	2,5	2.732,6	134,7
25	8,5	2,5	2.745,0	140,5	75	336,1	2,5	2.732,6	134,7
26	131,8	22,0	3.042,4	310,2	76	322,8	2,5	2.732,6	134,7
27	13,7	22,0	3.042,4	310,2	77	13,3	2,5	2.732,6	134,7
28	13,7	2,5	2.745,1	140,5	78	2,4	2,5	2.732,6	134,7
29	16,6	2,5	2.745,0	140,5	79	10,9	2,5	2.732,6	134,7
30	118,1	22,0	3.042,4	310,2	80	3,0	2,5	2.732,6	134,7
31	13,2	22,0	3.042,4	310,2	81	2,5	2,5	2.743,9	140,0
32	13,2	2,5	2.745,1	140,5	82	7,8	2,5	2.732,6	134,7
33	30,3	2,5	2.745,1	140,5	83	0,7	2,5	2.743,9	140,0
34	104,9	22,0	3.042,4	310,2	84	8,5	2,5	2.733,5	135,1
35	12,8	22,0	3.042,4	310,2	85	51,8	2,5	552,6	127,4
36	12,8	2,5	2.745,1	140,5	86	45,8	2,5	105,0	25,0
37	43,5	2,5	2.745,1	140,5	87	106,3	2,5	535,3	127,4
38	92,0	22,0	3.042,4	310,2	88	106,3	27,6	538,9	127,8
39	12,8	22,0	3.042,4	310,2	89	102,3	27,6	538,9	127,8
40	12,8	2,5	2.745,1	140,5	90	55,5	27,6	538,9	127,8
41	56,3	2,5	2.745,1	140,5	91	46,7	27,6	538,9	127,8
42	79,2	22,0	3.042,4	310,2	92	4,0	27,6	538,9	127,8
43	17,2	22,0	3.042,4	310,2	93	270,0	2,5	491,1	116,9
44	17,2	2,5	2.745,1	140,5	94	5,6	2,5	2.737,7	137,1
45	69,1	2,5	2.745,1	140,5	95	514,9	2,5	535,3	127,4
46	62,0	22,0	3.042,4	310,2	96	514,9	73,6	545,4	128,6
47	16,6	22,0	3.042,4	310,2	97	271,7	73,6	545,4	128,6
48	16,6	2,5	2.745,1	140,5	98	211,0	73,6	545,4	128,6
49	86,3	2,5	2.745,1	140,5	99	239,3	73,6	545,4	128,6
50	45,4	22,0	3.042,4	310,2	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.



4.3 Caso 3 – Aproveitamento de palha para a produção de etanol celulósico

Este caso discorre sobre o uso da palha da cana-de-açúcar para a produção de etanol celulósico. Entretanto, tal tecnologia é recente para o setor sucroalcooleiro e não se tem formado um método de utilização, quanto aos equipamentos necessários, consumo energético, enfim conceitos inerentes à planta de etanol celulósico anexa à uma planta convencional de etanol, com dados suficientes para a realização de uma simulação termodinâmica no *software* proposto.

Para este caso será proposto uma situação hipotética, com a produção estimada de etanol celulósico a partir de dados de conversão da biomassa disponíveis em 4, 6, 8, 10 e 12 % de palha de cana-de-açúcar juntamente com o bagaço e, por conseguinte, será discutida a viabilidade econômica desse caso em relação aos casos de cogeração supracitados. No caso do uso de biomassa para a produção de etanol, foi considerada também uma reserva técnica de biomassa de 5°%.

Para Procknor (2012), o bagaço com 50 % de umidade pode produzir conforme testes realizados em laboratórios e em plantas piloto até, 150 litros de etanol por tonelada de bagaço, sendo esta grande variação decorrente das várias possibilidades de fermentação, que pode ser apenas das hexoses ou das hexoses e pentoses. Ademais, existem vários níveis de eficiência adotados na hidrólise do material celulósico e também na fermentação.

Foram realizados cálculos da produção de etanol que seria obtida com o uso de biomassa, o qual está representado na Tabela 17, elaborado conforme Procknor (2012).

Tabela 17 - Produção de etanol celulósico no Caso 3 em função do aproveitamento da palha.

Caso	Quantidade de palha		Biomassa total (t/h)	Etanol celulósico (l/h)
	(%)	(t/h)		
3a	4	28,32	58,66	8.799,0
3b	6	42,48	72,11	10.816,5
3c	8	56,64	85,56	12.834,0
3d	10	70,80	99,18	14.877,0
3e	12	84,96	112,47	16.870,5

Fonte: Próprio Autor.

5 INVESTIMENTOS E ANÁLISE ECONÔMICA

5.1 Investimentos

Considerando o Caso 1, como sendo o de uma planta base já existente, os investimentos serão referentes aos equipamentos e instalações necessárias para as plantas dos Casos 2 e 3, em função do percentual de palha que estará sendo aproveitado.

Nas Tabelas 18 a 22 são apresentados os investimentos necessários para o aproveitamento da palha para cogeração, referentes aos Casos 2a a 2e (4 a 12 %), respectivamente.

Tabela 18 - Investimentos para o Caso 2a (aproveitamento de 4 % da palha para cogeração).

Equipamento	Custo (R\$)
Caldeira de 67 bar e 515 °C, capacidade de 150 t/h	35.040.000,00
Gerador de 20 MVA, 13,8 V	2.052.930,00
Turbina de condensação com entrada de 66 bar e saída condensado	9.152.648,00
Linha de vapor de alta pressão da caldeira até os geradores	5.000.000,00
Construção da Casa de Força / Bases civis	2.000.000,00
Adequação da subestação	2.000.000,00
Imprevistos (25 % do investimento)	15.061.395,00
Total	70.306.973,00

Fonte: Levantado pelo autor no mercado.

Tabela 19 - Investimentos para o Caso 2b (aproveitamento de 6 % da palha para cogeração).

Equipamento	Custo (R\$)
Caldeira de 67 bar e 515 °C, capacidade de 200 t/h	42.110.000,00
Gerador de 25 MVA, 13,8 V	2.400.000,00
Turbina de condensação com entrada de 66 bar e saída condensado	10.700.000,00
Linha de vapor de alta pressão da caldeira até os geradores	5.000.000,00
Construção da Casa de Força / Bases civis	2.000.000,00
Adequação da subestação	2.000.000,00
Imprevistos (25 % do investimento)	17.302.500,00
Total	81.512.500,00

Fonte: Levantado pelo autor no mercado.

Tabela 20 - Investimentos para o Caso 2c (aproveitamento de 8 % da palha para cogeração).

Equipamento	Custo (R\$)
Caldeira de 67 bar e 515 °C, capacidade de 200 t/h	42.110.000,00
Gerador de 30 MVA, 13,8 V	2.500.000,00
Turbina de condensação com entrada de 66 bar e saída condensado	12.400.000,00
Linha de vapor de alta pressão da caldeira até os geradores	5.000.000,00
Construção da Casa de Força / Bases civis	2.000.000,00
Adequação da subestação	2.000.000,00
Imprevistos (25 % do investimento)	17.752.500,00
Total	83.762.500,00

Fonte: Levantado pelo autor no mercado.

Tabela 21 - Investimentos para o Caso 2d (aproveitamento de 10 % da palha para cogeração).

Equipamento	Custo (R\$)
Caldeira de 67 bar e 515 °C, capacidade de 250 t/h	48.320.000,00
Gerador de 35 MVA, 13,8 V	2.550.000,00
Turbina de condensação com entrada de 66 bar e saída condensado	14.000.000,00
Linha de vapor de alta pressão da caldeira até os geradores	5.000.000,00
Construção da Casa de Força / Bases civis	2.000.000,00
Adequação da subestação	2.000.000,00
Imprevistos (25 % do investimento)	20.467.500,00
Total	94.337.500,00

Fonte: Levantado pelo autor no mercado.

Tabela 22 - Investimentos para o Caso 2e (aproveitamento de 12 % da palha para cogeração).

Equipamento	Custo (R\$)
Caldeira de 67 bar e 515 °C, capacidade de 250 t/h	48.320.000,00
Gerador de 40 MVA, 13,8 V	4.000.000,00
Turbina de condensação com entrada de 66 bar e saída condensado	15.600.000,00
Linha de vapor de alta pressão da caldeira até os geradores	5.000.000,00
Construção da Casa de Força / Bases civis	2.000.000,00
Adequação da subestação	2.000.000,00
Imprevistos (25 % do investimento)	21.230.000,00
Total	98.150.000,00

Fonte: Levantado pelo autor no mercado.

Os valores para investimentos para a planta de etanol celulósico foram baseados numa planta da Raízen de 40 milhões de litros, cujo investimento total é de R\$ 230 milhões (NOVA CANA, 2013). A Tabela 23 representa os valores estimados para as devidas quantidades de biomassa disponível, considerando uma safra com 225 dias e mantendo uma eficiência de operação de 85 %.

Tabela 23 - Custo da planta para produção de etanol celulósico.

Caso	Biomassa		Etanol celulósico (l/h)	Etanol celulósico (l/safra)	Custo da planta (R\$)
	(%)	(t/h)			
3a	4	58,66	8.799,0	40.123.440	230.709.780,00
3b	6	72,11	10.816,5	49.323.240	283.608.630,00
3c	8	85,56	12.834,0	58.523.040	336.507.480,00
3d	10	99,18	14.877,0	67.839.120	390.074.940,00
3e	12	112,47	16.870,5	76.929.480	442.344.510,00

Fonte: Próprio Autor.

5.2 Análise econômica

Para os dois projetos foi obtida, com auxílio do programa IPSEpro®, a capacidade de geração de energia horária (MWh) e com ela foi calculado a venda de energia, considerando 85 % de dias efetivos na safra (exceto o contrato de venda de vapor que é fixado em 281.190 toneladas de vapor anual), conforme Tabela 24 e 25, serão base para o estudo econômico, considerando ainda uma vida útil do projeto de 20 anos e capacidade de moagem de 3.200.000 t de cana-de-açúcar.

Tabela 24 - Geração e venda de energia nas plantas dos Casos 1 e 2.

Geração/Venda	Caso 1	Caso 2a	Caso 2b	Caso 2c	Caso 2d	Caso 2e
Geração Total (MWh)	37,4	57,0	61,5	66,0	70,5	75,0
Consumo da Planta (MWh)	12,1	13,1	13,6	13,6	14,1	14,1
Venda de energia (MWh)	25,3	44,9	49,4	53,9	58,4	62,9
Adicional de energia (MWh)	0,0	18,6	22,59	27,09	31,14	35,58
Adicional de energia safra (MWh)	0,0	85.374	103.688	124.343	142.933	163.312

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 25 - Produção de etanol celulósico nas plantas do Caso 3.

Caso	Percentual de utilização da palha (%)	Produção celulósico na safra (l)
3a	4	40.123.440
3b	6	49.323.240
3c	8	58.523.040
3d	10	67.839.120
3e	12	76.929.480

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com os valores históricos praticados nas usinas, para os custos de operação e manutenção das plantas de cogeração de energia foi adotado o valor de R\$ 1,00 por tonelada de cana-de-açúcar; para as plantas de etanol celulósico foram adotados alguns índices baseados nas plantas de etanol de primeira geração. Assim sendo, para a operação dessa planta foi considerada a necessidade de 30 funcionários com salários médios de R\$ 2.000,00, que custam para a empresa com encargos cerca de R\$ 4.000,00; e foram considerados que os valores para os insumos são 3 vezes maiores que os utilizados nas plantas convencionais de etanol.

O fluxo de caixa refere-se ao montante recebido e gasto durante um período de 20 anos para os projetos supracitados, sendo considerados os valores de transporte da palha para um raio médio de 20 km, de acordo com a Tabela 26.

Tabela 26 - Custo do transporte da palha num raio de 20 km.

Casos	Palha (%)	Custo do transporte (R\$/t)	Custo total do transporte (R\$)
2a e 3a	4	28,00	3.584.000,00
2b e 3b	6	29,00	5.568.000,00
2c e 3c	8	30,00	7.680.000,00
2d e 3d	10	31,00	9.920.000,00
2e e 3e	12	32,00	12.288.000,00

Fonte: Adaptado de CTC (2013).

Nos fluxos em questão, a receita é composta pela venda anual de energia ou etanol celulósico e as despesas são compostas por impostos, custo industrial e depreciação, obtendo, por conseguinte, os valores de EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*) e EBIT (*Earnings Before Interest and*

Taxes). Foi considerado como taxa mínima de atratividade para o investimento o valor da taxa Selic anual de 10,9 % (BCB, 2014), para os cálculos do valor presente líquido (VLP).

A seguir serão apresentados os resultados econômicos obtidos com relação ao aproveitamento da palha (variando sua quantidade entre 4 e 12 %), quer seja para cogeração (considerando o preço de venda da energia entre R\$ 180,00 e R\$ 270,00) ou para a produção de etanol de segunda geração (considerando o preço de venda do etanol entre R\$ 1,20 e R\$ 1,80). Informações mais detalhadas sobre os cálculos econômicos podem ser encontradas no Apêndice B.

5.2.1 Resultados econômicos para utilização da palha para cogeração

5.2.1.1 Resultados econômicos para o Caso 2a

Neste caso foi considerado o uso de 4 % de palha para a cogeração de energia, produzindo 85.374 MWh para venda.

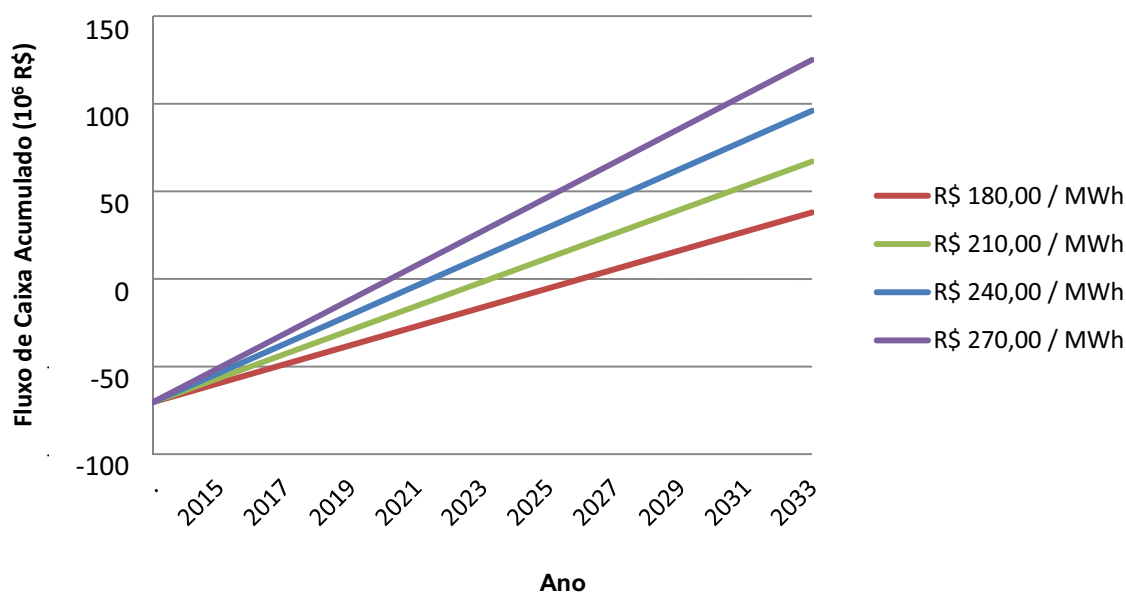
A Tabela 27 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 39 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do MWh de energia produzida variando entre R\$ 180,00 e R\$ 270,00.

Tabela 27 - Resultados econômicos para uso de 4 % da palha para cogeração (Caso 2a).

Valor (R\$/MWh)	TIR (%)	VPL (R\$)
180,00	4,52	-26.902.719,00
210,00	7,44	-15.283.799,00
240,00	10,10	-3.664.880,00
270,00	12,59	7.954.040,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 39 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 4 % da palha para cogeração (Caso 2a).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 27, trazendo 4 % de palha da lavoura para a cogeração de energia, existe viabilidade somente no caso em que o valor do MWh for comercializado a R\$ 270,00.

5.2.1.2 Resultados econômicos para o Caso 2b

Neste caso foi considerado o uso de 6 % de palha para a cogeração de energia, produzindo 103.688 MWh para venda.

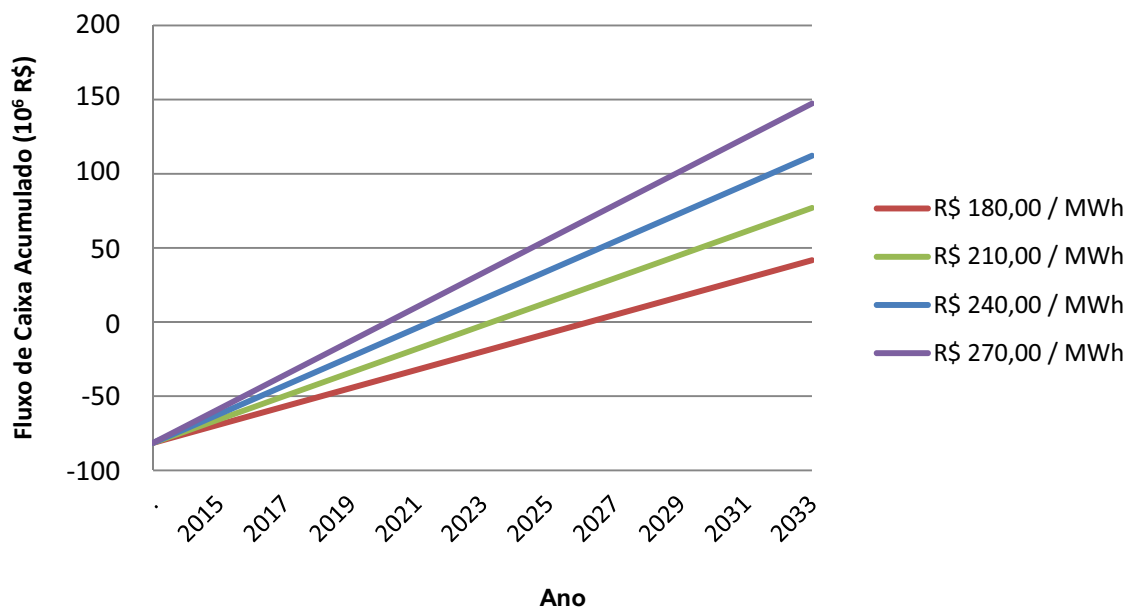
A Tabela 28 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 40 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do MWh de energia produzida variando entre R\$ 180,00 e R\$ 270,00.

Tabela 28 - Resultados econômicos para uso de 6 % da palha para cogeração (Caso 2b).

Valor (R\$/MWh)	<i>TIR</i> (%)	<i>VPL</i> (R\$)
180,00	4,31	-32.122.776,00
210,00	7,38	-18.011.424,00
240,00	10,17	-3.900.073,00
270,00	12,77	10.211.279,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 40 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 6 % da palha para cogeração (Caso 2b).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 28, trazendo 6 % de palha da lavoura para a cogeração de energia, existe viabilidade somente no caso em que o valor do MWh for comercializado a R\$ 270,00.

5.2.1.3 Resultados econômicos para o Caso 2c

Neste caso foi considerado o uso de 8 % de palha para a cogeração de energia, produzindo 124.343 MWh para venda.

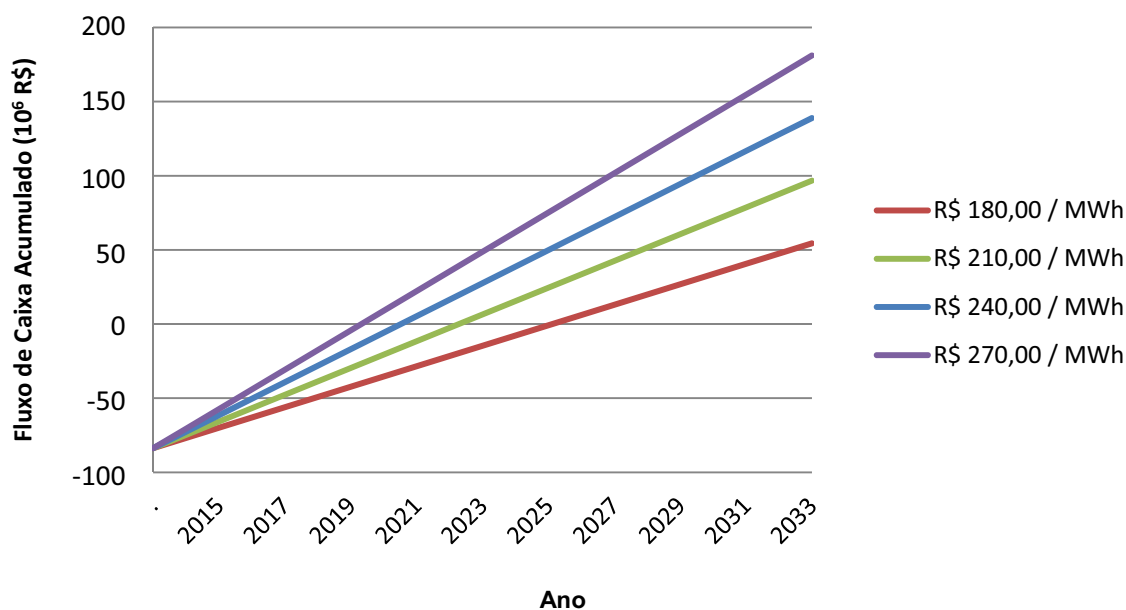
A Tabela 29 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 41 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do MWh de energia produzida variando entre R\$ 180,00 e R\$ 270,00.

Tabela 29 - Resultados econômicos para uso de 8 % da palha para cogeração (Caso 2c).

Valor (R\$/MWh)	<i>TIR</i> (%)	<i>VPL</i> (R\$)
180,00	5,33	-28.373.230,00
210,00	8,76	-11.450.849,00
240,00	11,88	5.471.531,00
270,00	14,81	22.393.911,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 41 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 8 % da palha para cogeração (Caso 2c).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 29, trazendo 8 % de palha da lavoura para a cogeração de energia, existe viabilidade somente nos casos em que o valor do MWh for comercializado entre R\$ 240,00 e R\$ 270,00.

5.2.1.4 Resultados econômicos para o Caso 2d

Neste caso foi considerado o uso de 10 % de palha para a cogeração de energia, produzindo 142.933 MWh para venda.

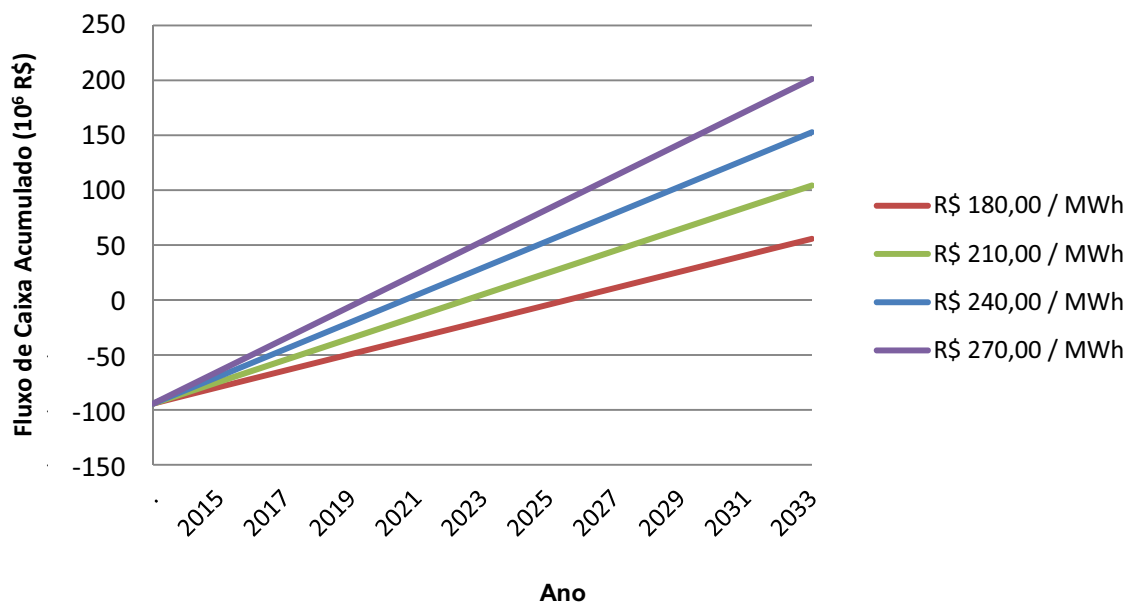
A Tabela 30 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 42 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do MWh de energia produzida variando entre R\$ 180,00 e R\$ 270,00.

Tabela 30 - Resultados econômicos para uso de 10 % da palha para cogeração (Caso 2d).

Valor (R\$/MWh)	<i>TIR</i> (%)	<i>VPL</i> (R\$)
180,00	4,90	-34.177.638,00
210,00	8,45	-14.725.264,00
240,00	11,66	4.727.111,00
270,00	14,66	24.179.485,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 42 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 10 % da palha para cogeração (Caso 2d).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 30, trazendo 10 % de palha da lavoura para a cogeração de energia, existe viabilidade somente nos casos em que o valor do MWh for comercializado entre R\$ 240,00 e R\$ 270,00.

5.2.1.5 Resultados econômicos para o Caso 2e

Neste caso foi considerado o uso de 12 % de palha para a cogeração de energia, produzindo 163.312 MWh para venda.

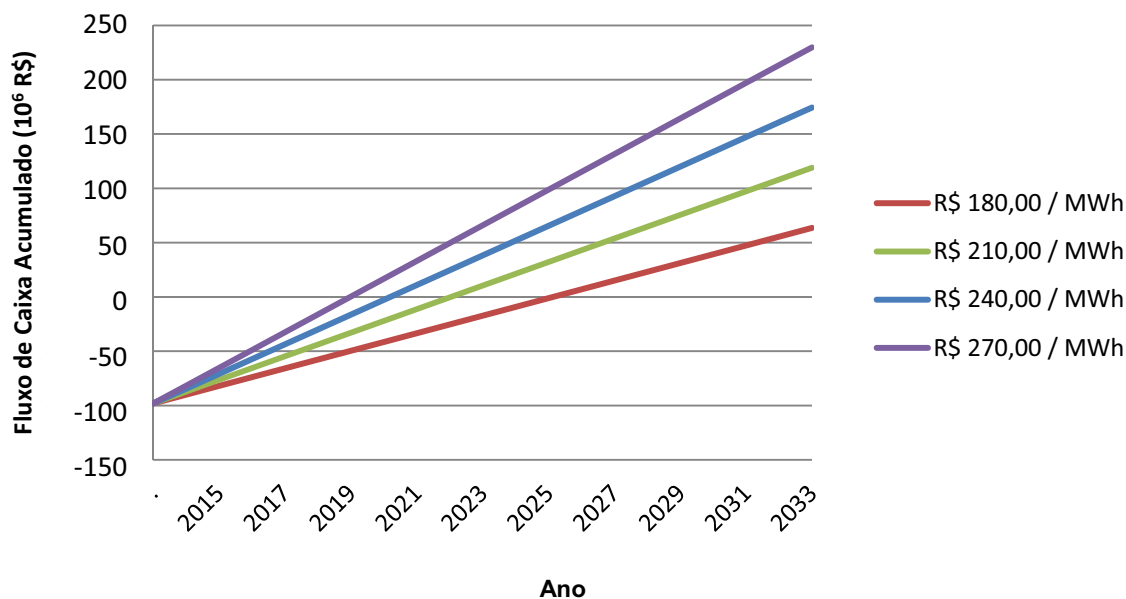
A Tabela 31 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 43 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do MWh de energia produzida variando entre R\$ 180,00 e R\$ 270,00.

Tabela 31 - Resultados econômicos para uso de 12 % da palha para cogeração (Caso 2e).

Valor (R\$/MWh)	<i>TIR</i> (%)	<i>VPL</i> (R\$)
180,00	5,31	-33.357.378,00
210,00	9,14	-11.131.537,00
240,00	12,59	11.094.304,00
270,00	15,83	33.320.146,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 43 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 12 % da palha para cogeração (Caso 2e).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 31, trazendo 12 % de palha da lavoura para a cogeração de energia, existe viabilidade somente nos casos em que o valor do MWh for comercializado entre R\$ 240,00 e R\$ 270,00.

5.2.1.6 Síntese dos resultados econômicos para o Caso 2

Conforme resultados apresentados dos casos estudados de porcentagem de palha de cana-de-açúcar trazidas da lavoura para a indústria e, por conseguinte, a transformação desta biomassa em energia (Tabela 32), foi possível elaborar os gráficos das Figuras 44 e 45, que relacionam os valores comercializados do MWh em relação à *TIR* e ao *VPL*, respectivamente.

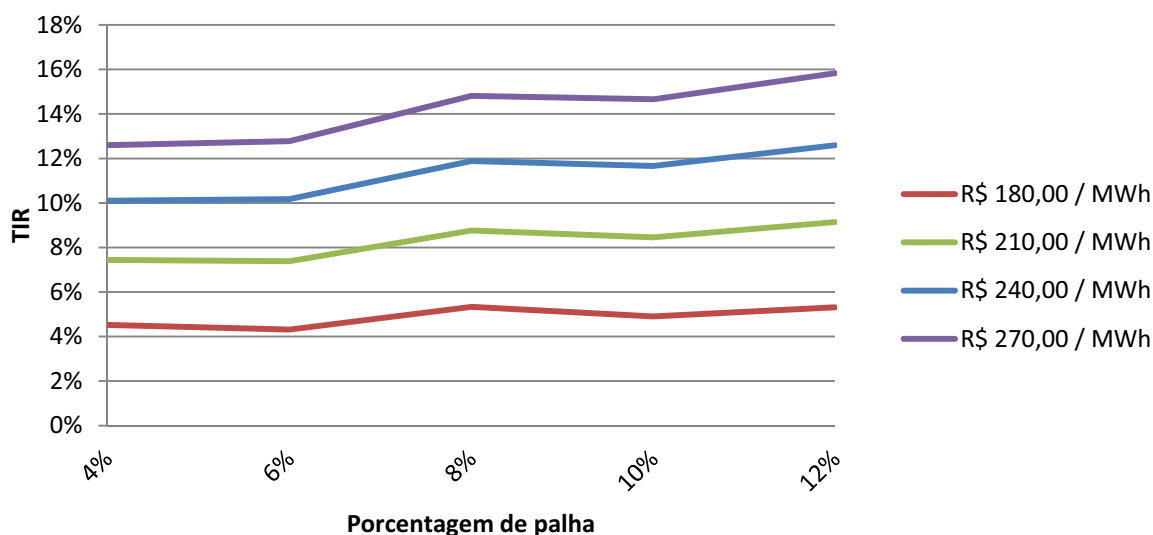
Tabela 32 - Análise dos resultados para o Caso 2.

% Palha de cana	% Palha trazida da lavoura	Energia Elétrica Vendida (MWh)	Produção de vapor (ton/h)	Gerador (MW)	Investimento (R\$)
4	14,30	85.374	150	20	70.306.973,00
6	21,50	103.688	200	25	81.512.500,00
8	28,60	124.343	200	30	83.762.500,00
10	35,70	142.933	250	35	94.337.500,00
12	42,90	163.312	250	40	98.150.000,00

Fonte: Próprio Autor.

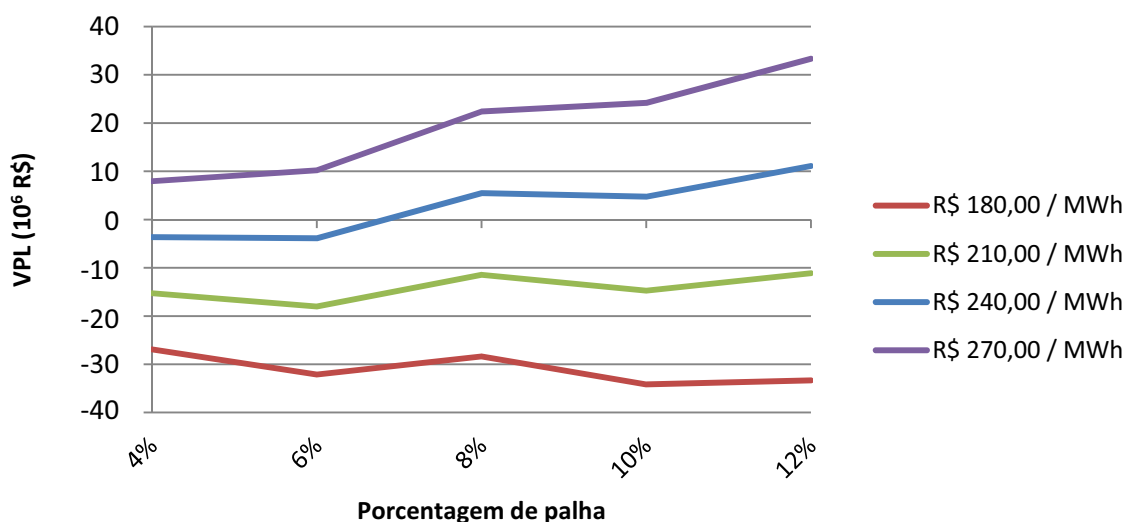
De acordo com o gráfico da Figura 45, os valores de *VPL* positivos foram identificados nos casos em que o valor da energia foi comercializado em R\$ 240,00 / MWh, na qual foram trazidas da lavoura respectivamente 8, 10 e 12 % de palha e para os casos em que o valor comercializado da energia foi de R\$ 270,00.

Figura 44 - TIR em relação à porcentagem de palha e ao valor do MWh vendido no Caso 2.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 45 - VPL em relação à porcentagem de palha e ao valor do MWh vendido no Caso 2.



Fonte: Próprio Autor.

De acordo com o gráfico da Figura 45, os valores de *VPL* positivos foram identificados nos casos em que o valor da energia foi comercializado em

R\$ 240,00 / MWh, na qual foram trazidas da lavoura respectivamente 8, 10 e 12 % de palha e para os casos em que o valor comercializado da energia foi de R\$ 270,00.

Assim sendo, tais casos são os únicos desse estudo classificados como viáveis para investimento e com ganhos significativos, quando comparado à situação atual da planta do Caso 1, apesar do impacto da viabilidade dos casos devido ao alto custo de transporte da palha.

5.2.2 Resultados econômicos para utilização da palha para produção de etanol celulósico

5.2.2.1 Resultados econômicos para o Caso 3a

Neste caso foi considerado o uso de 4 % de palha para a produção de etanol celulósico, produzindo 40.123.440 litros para venda.

A Tabela 33 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 46 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do litro de etanol à distribuidora de combustíveis, variando entre R\$ 1,20 e R\$ 1,80.

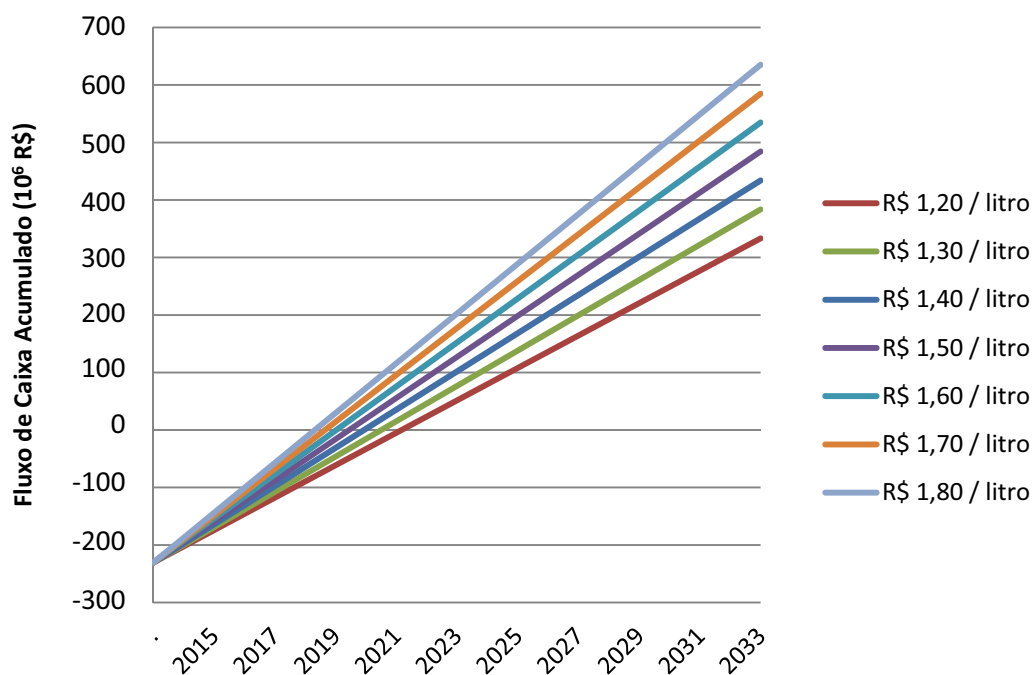
Tabela 33 - Resultados econômicos para uso de 4 % de palha para produção de etanol (Caso 3a).

Valor (R\$/l)	TIR (%)	VPL (R\$)
1,20	10,59	-4.665.427,00
1,30	11,91	15.499.957,00
1,40	13,20	35.665.341,00
1,50	14,45	55.830.725,00
1,60	15,69	75.996.109,00
1,70	16,90	96.161.493,00
1,80	18,09	116.326.876,00

Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 33, trazendo 4 % de palha para a produção de etanol celulósico, existe viabilidade nos casos em que o valor do litro comercializado for superior a R\$ 1,30.

Figura 46 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 4 % de palha para produção de etanol (Caso 3a).



Fonte: Próprio Autor.

5.2.2.2 Resultados econômicos para o Caso 3b

Neste caso foi considerado o uso de 6 % de palha para a produção de etanol celulósico, produzindo 49.323.240 litros para venda.

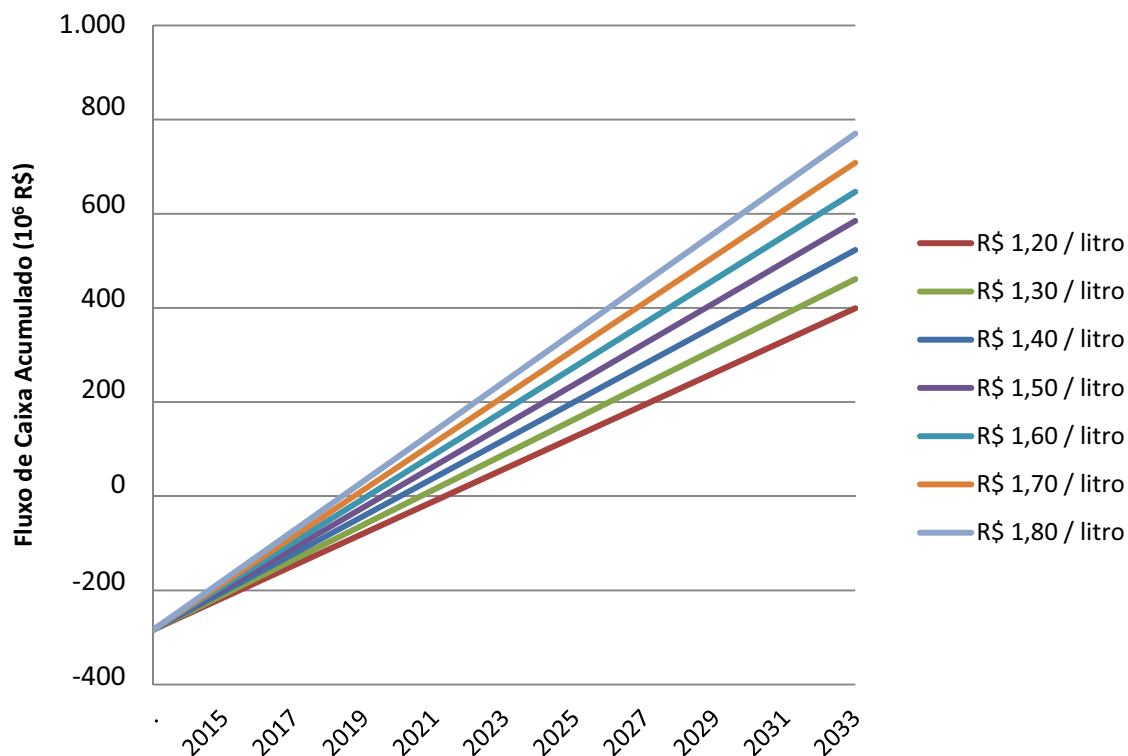
A Tabela 34 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 47 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do litro de etanol variando entre R\$ 1,20 e R\$ 1,80.

Tabela 34 - Resultados econômicos para uso de 6 % de palha para produção de etanol (Caso 3b).

Valor (R\$/l)	<i>TIR</i> (%)	<i>VPL</i> (R\$)
1,20	10,36	-9.942.960,00
1,30	11,69	14.846.092,00
1,40	12,98	39.635.145,00
1,50	14,24	64.424.198,00
1,60	15,48	89.213.250,00
1,70	16,69	114.002.303,00
1,80	17,89	138.791.356,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 47 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 6 % de palha para produção de etanol (Caso 3b).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 33, trazendo 6 % de palha da lavoura para a produção de etanol celulósico, existe viabilidade nos casos em que o valor do litro comercializado for superior a R\$ 1,30.

5.2.2.3 Resultados econômicos para o Caso 3c

Neste caso foi considerado o uso de 8 % de palha para a produção de etanol celulósico, produzindo 58.523.040 litros para venda.

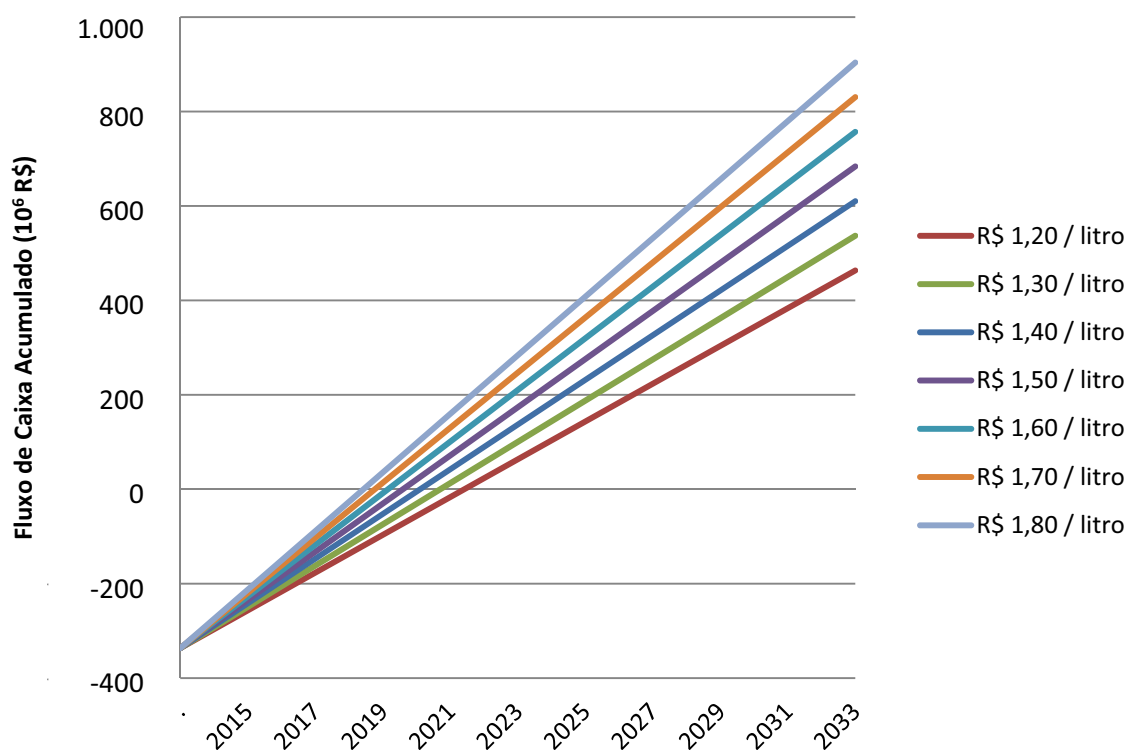
A Tabela 35 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 48 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do litro de etanol variando entre R\$ 1,20 e R\$ 1,80.

Tabela 35 - Resultados econômicos para uso de 8 % de palha para produção de etanol (Caso 3c).

Valor (R\$/l)	TIR (%)	VPL (R\$)
1,20	10,17	-15.897.659,00
1,30	11,51	13.515.062,00
1,40	12,80	42.927.784,00
1,50	14,07	72.340.505,00
1,60	15,31	101.753.227,00
1,70	16,52	131.165.948,00
1,80	17,72	160.578.670,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 48 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 8 % de palha para produção de etanol (Caso 3c).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 35, trazendo 8 % de palha para a produção de etanol celulósico, existe viabilidade nos casos em que o valor do litro comercializado for superior a R\$ 1,30.

5.2.2.4 Resultados econômicos para o Caso 3d

Neste caso foi considerado o uso de 10 % de palha para a produção de etanol celulósico, produzindo 67.839.120 litros para venda.

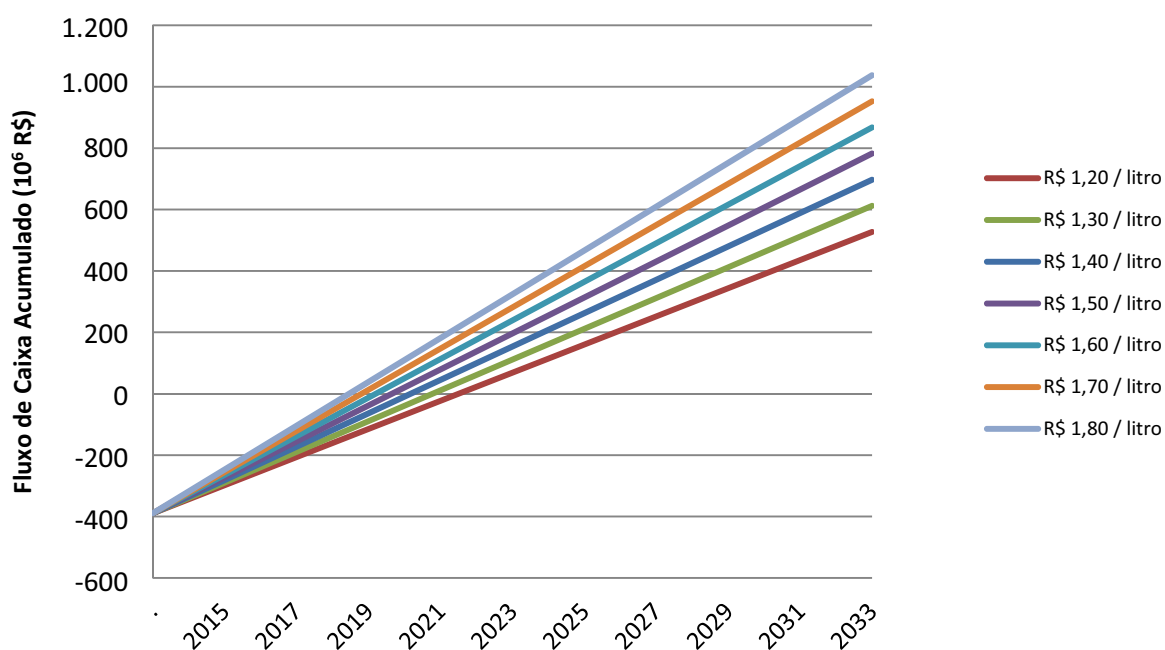
A Tabela 36 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 49 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do litro de etanol variando entre R\$ 1,20 e R\$ 1,80.

Tabela 36 - Resultados econômicos para uso de 10 % de palha para produção de etanol (Caso 3d).

Valor (R\$/l)	<i>TIR</i> (%)	<i>VPL</i> (R\$)
1,20	10,01	-22.463.565,00
1,30	11,35	11.631.266,00
1,40	12,65	45.726.097,00
1,50	13,92	79.820.928,00
1,60	15,16	113.915.758,00
1,70	16,38	148.010.589,00
1,80	17,58	182.105.420,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 49 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 10 % de palha para produção de etanol (Caso 3d).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 36, trazendo 10 % de palha da lavoura para a produção de etanol celulósico, existe viabilidade nos casos em que o valor do litro comercializado for superior a R\$ 1,30.

5.2.2.5 Resultados econômicos para o Caso 3e

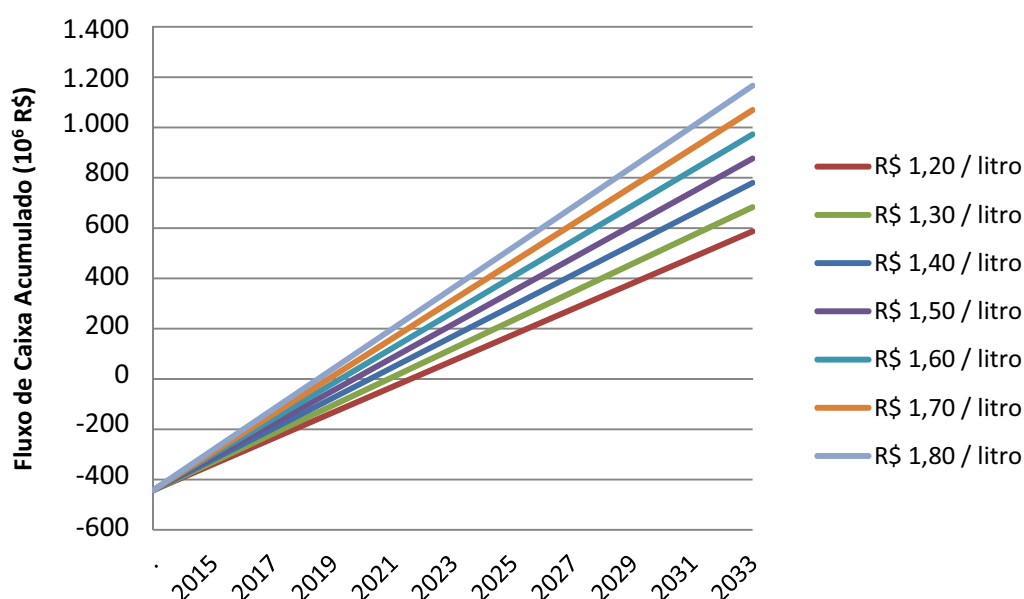
Neste caso foi considerado o uso de 12 % de palha para a produção de etanol celulósico, produzindo 40.123.440 litros para venda. A Tabela 37 apresenta a taxa interna de retorno (*TIR*) e valor presente líquido (*VPL*) e a Figura 50 representa o fluxo de caixa acumulado para os valores de venda do litro de etanol variando entre R\$ 1,20 e R\$ 1,80.

Tabela 37 - Resultados econômicos para uso de 12 % de palha para produção de etanol (Caso 3e).

Valor (R\$/l)	<i>TIR</i> (%)	<i>VPL</i> (R\$)
1,20	9,86	-29.834.673,00
1,30	11,20	8.828.823,00
1,40	12,51	47.492.320,00
1,50	13,78	86.155.817,00
1,60	15,02	124.819.314,00
1,70	16,24	163.482.811,00
1,80	17,45	202.146.307,00

Fonte: Próprio Autor.

Figura 50 - Fluxo de caixa acumulado para uso de 12 % de palha para produção de etanol (Caso 3e).



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado nos dados da Tabela 37, trazendo 4 % de palha da lavoura para a produção de etanol celulósico, existe viabilidade nos casos em que o valor do litro comercializado for superior a R\$ 1,30.

5.2.2.6 Síntese dos resultados econômicos para o Caso 3

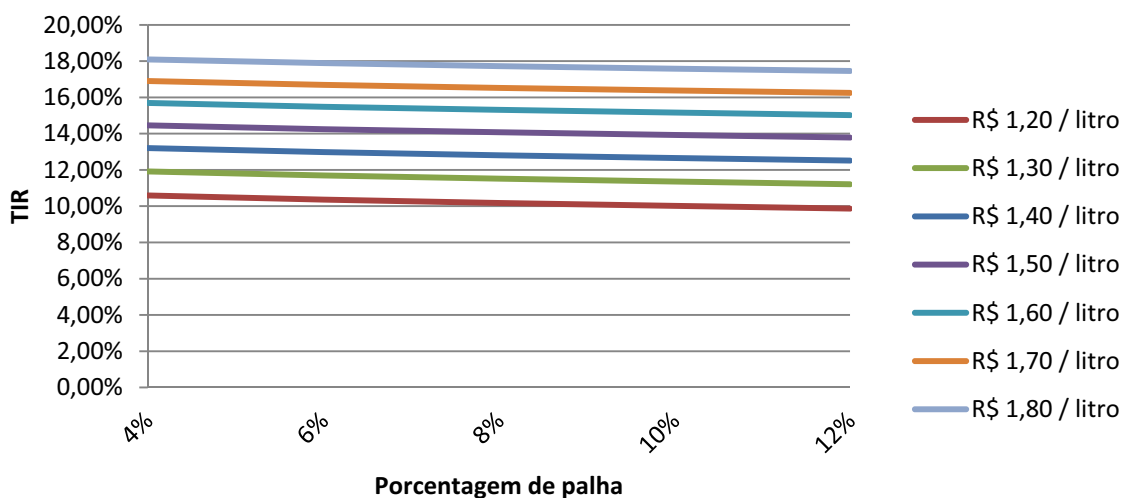
Os resultados obtidos dos casos estudados de palha trazida da lavoura para a indústria para a produção de etanol celulósico (Tabela 38) são representados nos gráficos das Figuras 51 e 52, que relacionam os valores comercializados do litro do combustível com os valores obtidos de *TIR* e *VPL*, respectivamente.

Tabela 38 - Análise dos resultados para o Caso 3.

Palha na Cana (%)	Palha trazida da lavoura (%)	Etanol 2G (l/h)	Etanol 2G (l/safra)	Investimentos (R\$)
4	14,30	8.799,0	40.123.440	230.709.780,00
6	21,50	10.816,5	49.323.240	283.608.630,00
8	28,60	12.834,0	58.523.040	336.507.480,00
10	35,70	14.877,0	67.839.120	390.074.940,00
12	42,90	16.870,0	76.929.480	442.344.510,00

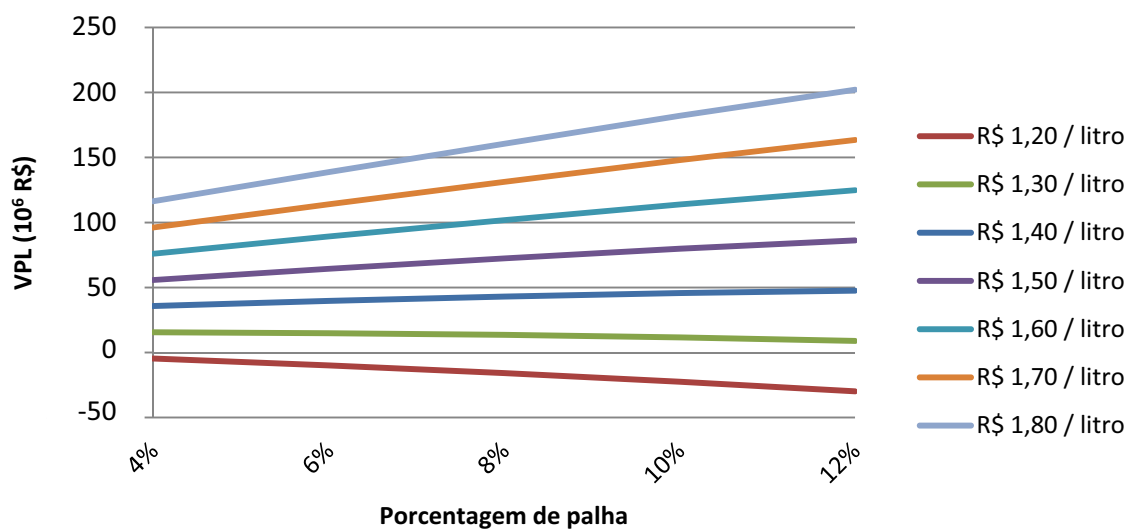
Fonte: Próprio Autor.

Figura 51 - TIR em relação à porcentagem de palha e valor do litro de etanol vendido no Caso 3.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 52 - VPL em relação à porcentagem de palha e valor do litro de etanol vendido no Caso 3.



Fonte: Próprio Autor.

De acordo com os resultados de *VPL* apresentado no gráfico da Figura 52 os valores de etanol celulósico utilizados para estudos de viabilidade de projetos apresentam ganhos acima da taxa mínima de atratividade, para valores negociados acima de R\$ 1,30/litro. Ademais, pode ser observado que os valores de fluxo de caixa acumulado são superiores aos valores obtidos com a cogeração de energia.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi feita uma análise das metodologias utilizadas para recolhimento da palha da cana-de-açúcar na lavoura, conforme estudo realizado pelo CTC e o cenário da usina estudada, levando-se em conta a separação parcial da palha com transporte junto com a cana-de-açúcar.

Pode-se concluir quanto à forma de recolhimento de palha da lavoura até a usina que, para um raio médio de 20 km, o recolhimento parcial da palha através da regulagem dos ventiladores da colhedora e o transporte junto com a cana-de-açúcar se mostraram satisfatório. Todavia, para locais mais distantes, devido ao alto custo do transporte alinhado à baixa densidade de carga do caminhão, deve ser avaliada a opção do recolhimento por enfardamento.

Para os casos de cogeração, os resultados obtidos por esta metodologia de estudo econômico mostraram 8 casos considerados viáveis, sendo:

- 4 % de palha na cana, que equivale a cerca de 14,30 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma geração excedente de energia na ordem de 85.374 MWh, que demanda um investimento de R\$ 70.306.973,00 apresentou viabilidade com a venda de energia a partir de R\$ 270,00/MWh com *TIR* de 12,59 % e *VPL* de R\$ 7.954.040,00;
- 6 % de palha na cana, que equivale a cerca de 21,50 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma geração excedente de energia na ordem de 103.688 MWh, que demanda um investimento de R\$ 81.512.500,00 apresentou viabilidade com a venda de energia a partir de R\$ 270,00/MWh com *TIR* de 12,77 % e *VPL* de R\$ 10.211.279,00;
- 8 % de palha na cana, que equivale a cerca de 28,60 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma geração excedente de energia na ordem de 124.343 MWh, que demanda um investimento de R\$ 83.762.500,00 apresentou viabilidade com a venda de energia à R\$ 240,00/MWh com *TIR* de 11,88 % e *VPL* de R\$ 5.471.531,00 e, também, com o valor do MWh comercializado à R\$ 270,00/MWh apresentando uma *TIR* de 14,81 % e *VPL* de R\$ 22.393.911,00;
- 10 % de palha na cana, que equivale a cerca de 35,70 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma geração excedente de energia na ordem de 142.933 MWh, que demanda um investimento de R\$ 94.337.500,00

apresentou viabilidade com a venda de energia à R\$ 240,00/MWh com *TIR* de 11,66 % e *VPL* de R\$ 4.727.111,00 e, também, com o valor do MWh comercializado à R\$ 270,00/MWh apresentando uma *TIR* de 14,66 % e *VPL* de R\$ 24.179.485,00;

- 12 % de palha na cana, que equivale a cerca de 42,90 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma geração excedente de energia na ordem de 163.312 MWh, que demanda um investimento de R\$ 98.150.000,00 apresentou viabilidade com a venda de energia à R\$ 240,00/MWh com *TIR* de 12,59 % e *VPL* de R\$ 11.094.304,00 e, também, com o valor do MWh comercializado à R\$ 270,00/MWh apresentando uma *TIR* de 15,83 % e *VPL* de R\$ 33.320.146,00.

Haja vista a produção de cana-de-açúcar na safra 2012/2013, este estudo estima que, se fosse recolhida cerca de 50 % da palha disponível nas lavouras do Brasil e esta biomassa fosse utilizada em plantas térmicas com caldeiras de 67 bar e 515 °C, juntamente com turbinas de contrapressão, ter-se-ia um potencial de produção de energia na ordem de 5.000 MW, o que possibilitaria o abastecimento de cerca de 2.000.000 de residências.

A partir dos resultados obtidos nesse trabalho, é possível analisar o cenário atual que o setor sucroalcooleiro está vivenciando, ou seja, para viabilizar novos projetos de cogeração seria necessário a comercialização de energia com valores acima de R\$ 240,00/MWh. No entanto, os preços atuais nos leilões de energia têm sido da ordem de R\$ 120,00/MWh, o que justifica a inexistência de novos projetos de cogeração no setor desde 2010.

Por outro lado, os resultados obtidos com relação à produção de etanol celulósico, mesmo com a grande dificuldade de acesso às informações sobre investimentos, custo de insumos, manutenção industrial, entre outros, mostram que esta tecnologia é uma grande oportunidade para alavancar a produção de etanol de forma eficiente e economicamente viável, sendo que para valores do litro não muito distantes do que vem sendo comercializado atualmente (valores acima de R\$ 1,30/l), é possível obter bons resultados a partir de:

- 4 % de palha na cana, que equivale a cerca de 14,30 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma produção de etanol excedente na ordem de 40.123.440 litros e demanda um investimento de R\$ 230.709.780,00; apresentando viabilidade com a venda de etanol a partir de R\$ 1,30/l com *TIR*

de 11,91 % (acima da taxa mínima de atratividade do projeto) e *VPL* de R\$ 15.499.957,00;

- 6 % de palha na cana, que equivale a cerca de 21,50 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma produção de etanol excedente na ordem de 49.323.240 litros e demanda um investimento de R\$ 283.608.630,00; apresentando viabilidade com a venda de etanol a partir de R\$ 1,30/l com *TIR* de 11,69 % (acima da taxa mínima de atratividade do projeto) e *VPL* de R\$ 14.846.092,00;
- 8 % de palha na cana, que equivale a cerca de 28,60 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma produção de etanol excedente na ordem de 58.523.040 litros e demanda um investimento de R\$ 336.507.480,00; apresentando viabilidade com a venda de etanol a partir de R\$ 1,30/l com *TIR* de 11,51 % (acima da taxa mínima de atratividade do projeto) e *VPL* de R\$ 13.515.062,00;
- 10 % de palha na cana, que equivale a cerca de 35,70 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma produção de etanol excedente na ordem de 67.839.120 litros e demanda um investimento de R\$ 390.074.940,00; apresentando viabilidade com a venda de etanol a partir de R\$ 1,30/l com *TIR* de 11,35 % (acima da taxa mínima de atratividade do projeto) e *VPL* de R\$ 11.631.266,00;
- 12 % de palha na cana, que equivale a cerca de 42,90 % da palha total produzida na lavoura, a qual permite uma produção de etanol excedente na ordem de 76.929.480 litros e demanda um investimento de R\$ 442.344.510,00; apresentando viabilidade com a venda de etanol a partir de R\$ 1,30/l com *TIR* de 11,20 % (acima da taxa mínima de atratividade do projeto) e *VPL* de R\$ 8.828.823,00.

O custo de transporte da palha apareceu como sendo um entrave para a idealização de projetos de cogeração e etanol celulósico, principalmente para distâncias acima de 30 km. Dessa forma, uma sugestão para trabalhos futuros pode ser o estudo comparativo para aproveitamento da palha na cogeração e produção de etanol celulósico, com recolhimento utilizando enleiradoras, enfardadoras e transporte dessa biomassa em caminhões específicos. Ademais, este estudo deverá contemplar ainda os investimentos industriais com desenfardadores.

Também, pode ser sugerido como trabalho futuro, a idealização de uma planta modelo com cogeração de energia e produção de etanol celulósico, com o uso de camisas de moenda perfuradas no último terno, para redução da umidade do bagaço e, conseqüentemente, um ganho no aumento do PCI, que, juntamente com a lignina (subproduto da produção do etanol celulósico), possa ser queimado em caldeiras de alta pressão para incremento na geração de energia térmica. Adicionalmente, pode ser estudada ainda a gaseificação da vinhaça e queima desse biogás em turbinas a gás com ciclo combinado; e uso de motores elétricos em todos os acionamentos, ao invés de turbinas a vapor, comumente encontrados nas usinas atuais; visando melhorar a eficiência energética da planta, com a redução de consumo de vapor no processo com trocadores regenerativos, aproveitamento de vapores vegetais, recuperação de flashes de vapor e purgadores.

Por fim, pode se concluir que o presente trabalho apresentou resultados que retratam o cenário atual do setor sucroalcooleiro, justificando o desinteresse dos investimentos na realização de novos projetos de cogeração de energia elétrica e uma corrida dos grandes grupos do setor para a implantação das primeiras plantas comerciais de etanol celulósico.

REFERÊNCIAS

- ACS Publications. Disponível em:
<http://pubs.acs.org/cen/_img/86/i49/8649cov_6.gif>. Acesso em: 18 set. 2013.
- AGRIMANAGERS. **Perdas na colheita mecanizada de cana**. Disponível em:
<<http://agrimanagers.wordpress.com/2011/03/07/perdas-na-colheita-mecanizada-de-cana/>>. Acesso em: 20 abr. 2013
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2009**. Rio de Janeiro: ANP, 2009. 210 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=470>>. Acesso em: 28 dez. 2012.
- AFFONSO, J. I.; BOLOGNINI, R. F.; SCHUSTER, J. G. **Reuso sustentável do bagaço da cana-de-açúcar na cogeração de energia elétrica**. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Faculdades Oswaldo Cruz, São Paulo. 2013.
- BARJA, G. J. A. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.
- BARREDA DEL CAMPO, E. R. **Análise termoeconômica do sistema de cogeração da Usina Vale do Rosário**. 1999. 280 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- BARROSO, A. C.; ALVES, L. B. O biodiesel na matriz energética do Brasil: uma análise das externalidades. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46, 2008, Rio Branco. **O biodiesel na matriz energética do Brasil: uma análise das externalidades**. Rio Branco, [S.n.], 2008. p. 7-8.
- BCB. **Taxas Selic de 15/05/2014**. Disponível em:
<<http://www.bcb.gov.br/?SELICDIARIOS>>. Acesso em: 15 abr. 2014.
- BEJAN, A.; TSATSARONIS, G.; MORAN, M. **Thermal design & optimization**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 542 p.
- BIODIESELBR. **Tudo sobre biodiesel**. Disponível em:
<<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/biodiesel.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- BIOETANOL DE CANA. **Tecnologias avançadas na agroindústria da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/cap5.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2008.

CARVALHO, L. O. **Modelagem computacional integrada e análise exergetica de sistemas de cogeração com motores de combustão interna**. 2011. 199 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_30_34_boletim_cana_portugues_abril_2013_4o_lev.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **A geração termoelétrica com a queima do bagaço de cana-de-açúcar no Brasil**: análise do desempenho da safra 2009-2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_termo_baixa_res.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2014.

CORRÊA NETO, V. **Análise de viabilidade da cogeração de energia elétrica em ciclo combinado com gaseificação de biomassa de cana-de-açúcar e gás natural**. 2001. 194 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CREMONEZ, L. F. **Avaliação termodinâmica, termoeconômica e econômica de uma usina sucroalcooleira para diferentes mix de produção**. 2013. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

CTBE. **Etanol de segunda geração está mais próximo**. Disponível em: <<http://www.bioetanol.org.br/noticias/detalhe.php?ID=MzQz>>. Acesso em: 22 jul. 2011.

CTC. **Estativa de custo de transporte de palha para a Usina da Barra**. 2013. Número de slides: 15.

DANTAS, D. N. **Uso da biomassa de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica: análise energética, exergetica e ambiental de sistemas de cogeração em sucroalcooleiras do interior paulista**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

DELFINI, P. T. Development and test of a “sugar cane dry cleaning station”. In: HASSUANI, S. J.; LEAL, M. R. L. V; MACEDO, I. C. (Ed.). **Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash**. Piracicaba: PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; CTC - Centro de Tecnologia Canavieiro, 2005. p. 49 a 56.

DIAS, M. O. S. et al. **Second generation ethanol in Brazil: can it compete with electricity production?**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852411009254>>. Acesso em: 13 fev. 2014.

EDUCOGEN – **The european educational tool on cogeneration**. 2001, 2. ed. Disponível em: <<http://www.cogen.org/projects/educogen.htm>>. Acesso em 13 abr. 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balço energético nacional – 2010**. Rio de Janeiro: EPE, 2010. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano nacional de energia 2030 – PEN 2030**. In: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Combustíveis Líquidos. Brasília: 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_10.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2012.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **International energy outlook - 2010**. Washington: EIA, 2010. Disponível em: <[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2010\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2010).pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2011.

FIOMARI, M. C. **Análise energética e exerética de uma usina sucoalcooleira do oeste paulista com sistema de cogeração de energia em expansão**. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999, 295 p.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Harba, 1984. 781 p.

GÓMEZ, E. O.; CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; SANCHEZ, C. G.; BAUEN, A. Preliminary tests with a sugarcane bagasse fueled fluidized-bed air gasifier. **Energy Conversion & Management**, London, v. 40, pp. 205-214, 1999.

HASSUANI, S. J.; LEAL, M. R. L. V.; MACEDO, I. C. **Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash**. Piracicaba: PNUD-CTC, 2005. 217 p.

HORLOCK, J. H. **Cogeneration: combined heat and power (CHP): thermodynamics and economics**. Florida: Krieger Publishing Company, 1997. 226 p.

KOTAS, T. J. **The exergy method of thermal plant analysis**. Malabar: Krieger Publishing Company, 1995. 328 p.

LASER, M.; SCHULMAN, D.; ALLEN, S. G.; LICHWA A, J.; ANTAL JR., M. J.; LYND, L. R. A. Comparison of liquid hot water and steam pretreatments of sugar cane bagasse for bioconversion to ethanol. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 81, p. 33-44, 2002.

LINERO, F. A. B. Importância da palha na geração de excedentes de eletricidade e produção de etanol 2G. In: SINATUB, 2013, Ribeirão Preto. **Importância da palha na geração de excedentes de eletricidade e produção de etanol 2G**. Ribeirão Preto, 2013. 62 slides.

LOZANO, M. A.; VALERO, A. Theory of exergetic cost. **Energy**, Oxford, v. 18, n. 9, p. 939-960, 1993.

LUIZ, M. R. **Bomba de calor para desumidificação e aquecimento do ar**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

MARTINS, L. S. **Geração de energia através de biomassa**. 2006. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

ETANOL e Biodiesel. In: MATOS, C. R. A. **Cadernos de educação ambiental**. São Paulo, 2012.

MENDES, M. E. S. S. **Metodologia para análise exergética-econômica de plantas a vapor para geração de eletricidade consumindo resíduo de biomassa amazônica**. 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: 18 jul. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Evolução da produtividade da cana-de-açúcar por corte**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/SETEMBRO_2012/evolucao%20podutividade%20cana.pdf>. Acesso em: 18 out. 2012.

MDA. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**: inclusão social e desenvolvimento territorial. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodisel/arquivos-2011/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **A crise do petróleo e os biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/Artigos/A_crise_do_petrxleo_e_os_biocombustxveis.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Boletim mensal dos combustíveis renováveis**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/spg/menu/publicacoes.html>>. Acesso em: 10 jul. 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Boletim de monitoramento do sistema elétrico**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/see/menu/publicacoes.html>>. Acesso em: 15 jul. 2013.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia**: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 199 p.

NOVA CANA. **Raízen busca produzir etanol celulósico com custo do convencional.** Disponível em: <<http://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/Raizen-produzir-etanol-2g-custo-convencional-291113/>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

OMETTO, A. R.; ROMA, W. N. L.; SOUZA, M. P. Environmental management of fuel alcohol coupled with energy production, based on a life cycle impact analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EFFICIENCY, COST, OPTIMIZATION, SIMULATION AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF ENERGY SYSTEMS, 16, 2003, Copenhagen. **Proceedings of the...** Copenhagen: [S.n.], 2003.

PASQUINI, D.; PIMENTA, M. T. B. ; FERREIRA, L. H.; CURVELO, A. A. S. Extraction of lignina from sugar cane bagasse and Pinus taeda wood chips using ethanol-water mixtures and carbon dioxide at high pressures. **Journal of Supercritical Fluids**, Amsterdam, v. 36, p. 31-39, 2005.

PASSOLONGO, R. **Avaliação termodinâmica, termoeconômica e econômica da integração de sistemas de gaseificação da biomassa em uma usina sucroalcooleira.** 2011. 156 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

PELÁEZ SAMANIEGO, M. R. **Uso de biocombustíveis de pirólise rápida da palha da cana em um motor de ciclo Otto.** 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

PELLEGRINI, L. F.; OLIVEIRA JUNIOR, S. Combined production of sugar, ethanol and electricity: thermoeconomic and environmental analysis and optimization. **Energy**, Oxford, v. 36, n. 6, p. 3704-3715, 2010.

PROCKNOR. **Quando o etanol 2G chegar. – STAB Set/Out 2012.** Disponível em: <<http://www.procknor.com.br/articles/quando-o-etanol-2g-chegar-stab-setout-2012/>>. Acesso em: 14 fev. 2014.

RAÍZEN. **Cana crua x extração.** Disponível em: <http://www.stab.org.br/13_sba_palestras/09_cana_crua_x_extracao_13SBA.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2012.

REISTAD, G. M.; GAGGIOLI, R. A. Available energy costing. **ACS Symposium Series**, Oxford, n. 122, p. 143-159, 1980.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. **World fuel ethanol production.** Disponível em: <<http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production> >. Acesso em: 15 fev. 2014.

ROMÃO JÚNIOR, R. A. **Análise da viabilidade do aproveitamento da palha da cana de açúcar para cogeração de energia numa usina sucroalcooleira.** 2009. 164 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

ROSEN, M. A.; DINCER, I. Exergy analysis of waste emissions. **International Journal of Energy Research**, Chichester, n. 23. p. 1153-1163, 1999.

RPA. **Usinas**. Disponível em: < <http://www.rpaconsultoria.com.br/telas/usinas.asp>>. Acesso em: 26 jul, 2013.

SAAD, M. B. W.; GONÇALVES, A. R. Estudo cinético da polpação solvente da palha da cana pré-tratada por *Ceriporiopsis subvermispora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6, 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2005 CD ROM.

SÁNCHEZ PRIETO, M. G. S. **Alternativas de cogeração na indústria sucro-alcooleira, estudo de caso**. 2003. 255 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SANTOS, P. S. B. **Desenvolvimento e teste de um sistema para separação automática das fases glicerol-biodiesel utilizando sensor de condutividade elétrica**. 2013. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

SCHIRMER, F. **Comparação de indicadores de eficiência energética e exergética em duas indústrias do setor sucroalcooleiro**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

SEABRA, J. E. A. **Avaliações técnico-econômica para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil**. 2008. 274 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SELEGATO, S. **Palha: energia ou adubo? UDOP** – Araçatuba, 2012. 43 Slides.

SIMISA. **Limpeza de cana a seco e aproveitamento da palha**. Disponível em: < <http://www.simisa.com.br/arquivos/download/Download85.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2013.

SOSA-ARNAO, J. H.; NEBRA, S. A. The exergy of sugar cane bagasse. In: EUROPEAN BIOMASS CONFERENCE AND EXHIBITION: BIOMASS FOR ENERGY, INDUSTRY AND CLIMATE PROTECTION, 14, 2005, Paris. **Proceedings of the...** Paris: [S.n.], 2005.

STAB. **Limpeza de cana a seco: tecnologia Empral**. Disponível em: <<http://www.stab.org.br/12sba/4.JOAKASPUTES.SERMATEC.26.10.10.45hs.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2013.

SUGARCANECROPS. **Introdução**. Disponível em: <<http://www.sugarcane crops.com/p/introduction/>>. Acesso em: 16 maio 2013.

SZARGUT, J.; MORRIS, D. R.; STEWARD, F. R. **Exergy analysis of thermal, chemical and metallurgical process**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1988, 332 p.

TOLMASQUIM, M. T. **Civilização da biomassa: matriz energética.** Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/mo/tolmasquimmatriz.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

TORRES, E. A. **Avaliação exergética e termoeconômica de um sistema de cogeração de um pólo petroquímico.** 1999. 238 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. **A indústria da cana-de-açúcar: etanol, açúcar e bioeletricidade.** São Paulo: UNICA, 2008. 34 p.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. **Bioeletricidade: a energia verde e inteligente do Brasil.** São Paulo: UNICA, 2012. 15 p.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. **Sócio-ambiental - protocolo agroambiental.** Disponível em: <<http://english.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={BEE106FF-D0D5-4264-B1B3-7E0C7D4031D6}>>. Acesso em: 27 abr. 2013.

US DoE – U.S. **Department of Energy. Renewable energy technology characterizations.** Office of Utility Technologies, Washington DC, USA, 2006.

WALTER, A. C. **Viabilidade e perspectivas da cogeração e da geração termelétrica junto ao setor sucroalcooleiro.** 1994. 283 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

WWF. **Fact-sheet: cana-de-açúcar, milho e soja.** Brasília: WWF, 2008. 39 p.

APÊNDICE A – DETALHAMENTO DA ANÁLISE ECONÔMICA

A seguir serão apresentados em maiores detalhes os resultados da análise econômica apresentada no Capítulo 5.

A.1 Estudo econômico para utilização da palha para cogeração de energia

A.1.1 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2a

As Tabelas 39, 40, 41 e 42 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com o preço de venda de energia de R\$ 180,00/MWh, R\$ 210,00/MWh, R\$ 240,00/MWh e R\$ 270,00/MWh, respectivamente.

A.1.2 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2b

As Tabelas 43, 44, 45 e 46 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6 % de palha para cogeração de energia), com o preço de venda de energia de R\$ 180,00/MWh, R\$ 210,00/MWh, R\$ 240,00/MWh e R\$ 270,00/MWh, respectivamente.

A.1.3 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2c

As Tabelas 47, 48, 49 e 50 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com o preço de venda de energia de R\$ 180,00/MWh, R\$ 210,00/MWh, R\$ 240,00/MWh e R\$ 270,00/MWh, respectivamente.

A.1.4 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2d

As Tabelas 51, 52, 53 e 54 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com o preço de venda de energia de R\$ 180,00/MWh, R\$ 210,00/MWh, R\$ 240,00/MWh e R\$ 270,00/MWh, respectivamente.

A.1.5 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2e

As Tabelas 55, 56, 57 e 58 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com o preço de venda de energia de R\$ 180,00/MWh, R\$ 210,00/MWh, R\$ 240,00/MWh e R\$ 270,00/MWh, respectivamente.

Tabela 39 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320
PIS/COFINS - 9,25%	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477
Outros - 5 %	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366
Receita Liq. Impostos (R\$)	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA (R\$)	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564
Investimentos (R\$)	-70.306.973									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-70.306.973	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320	15.367.320
PIS/COFINS - 9,25%	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477	1.421.477
Outros - 5 %	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366	768.366
Receita Liq. Impostos (R\$)	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477	13.177.477
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477	6.393.477
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128	2.878.128
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564	978.564
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913	5.414.913

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 4,52
VPL do Projeto (R\$): -26.902.719,00

Tabela 40 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540
PIS/COFINS - 9,25%	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390
Outros - 5 %	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427
Receita Líq. Impostos (R\$)	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA (R\$)	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287
Investimentos (R\$)	-70.306.973									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-70.306.973	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540	17.928.540
PIS/COFINS - 9,25%	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390	1.658.390
Outros - 5 %	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427	896.427
Receita Líq. Impostos (R\$)	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723	15.373.723
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723	8.589.723
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374	5.074.374
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287	1.725.287
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436	6.864.436

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 7,44
VPL do Projeto (R\$): -15.283.799,00

Tabela 41 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760
PIS/COFINS - 9,25%	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303
Outros - 5 %	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488
Receita Líq. Impostos (R\$)	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA (R\$)	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011
Investimentos (R\$)	-70.306.973									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-70.306.973	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760	20.489.760
PIS/COFINS - 9,25%	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303	1.895.303
Outros - 5 %	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488	1.024.488
Receita Líq. Impostos (R\$)	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969	17.569.969
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969	10.785.969
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621	7.270.621
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011	2.472.011
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958	8.313.958

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 10,10
VPL do Projeto (R\$): -3.664.880,00

Tabela 42 - Resultados econômicos para o Caso 2a (utilização de 4 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374	85374
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980
PIS/COFINS - 9,25%	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216
Outros - 5 %	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549
Receita Líq. Impostos (R\$)	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA (R\$)	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735
Investimentos (R\$)	-70.306.973									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-70.306.973	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374	85.374
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980	23.050.980
PIS/COFINS - 9,25%	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216	2.132.216
Outros - 5 %	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549	1.152.549
Receita Líq. Impostos (R\$)	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215	19.766.215
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000	6.784.000
EBITDA	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215	12.982.215
Depreciação/Amortização (R\$)	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349	3.515.349
EBIT (R\$)	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867	9.466.867
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735	3.218.735
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481	9.763.481

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 12,59
VPL do Projeto (R\$): 7.954.040,00

Tabela 43 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840
PIS/COFINS - 9,25%	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405
Outros - 5 %	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192
Receita Liq. Impostos (R\$)	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA (R\$)	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610
Investimentos (R\$)	-81.512.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-81.512.500	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840	18.663.840
PIS/COFINS - 9,25%	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405	1.726.405
Outros - 5 %	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192	933.192
Receita Liq. Impostos (R\$)	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243	16.004.243
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243	7.236.243
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618	3.160.618
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610	1.074.610
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633	6.161.633

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 4,31
VPL do Projeto (R\$): -32.122.776,00

Tabela 44 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480
PIS/COFINS - 9,25%	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139
Outros - 5 %	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724
Receita Líq. Impostos (R\$)	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA (R\$)	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517
Investimentos (R\$)	-81.512.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-81.512.500	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480	21.774.480
PIS/COFINS - 9,25%	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139	2.014.139
Outros - 5 %	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724	1.088.724
Receita Líq. Impostos (R\$)	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617	18.671.617
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617	9.903.617
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992	5.827.992
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517	1.981.517
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099	7.922.099

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 7,38
VPL do Projeto (R\$): -18.011.424,00

Tabela 45 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6% de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120
PIS/COFINS - 9,25%	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874
Outros - 5 %	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256
Receita Líq. Impostos (R\$)	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA (R\$)	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424
Investimentos (R\$)	-81.512.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-81.512.500	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120	24.885.120
PIS/COFINS - 9,25%	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874	2.301.874
Outros - 5 %	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256	1.244.256
Receita Líq. Impostos (R\$)	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990	21.338.990
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990	12.570.990
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365	8.495.365
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424	2.888.424
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566	9.682.566

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 10,17
VPL do Projeto (R\$): -3.900.073,00

Tabela 46 - Resultados econômicos para o Caso 2b (utilização de 6 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688	103688
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760
PIS/COFINS - 9,25%	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608
Outros - 5 %	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788
Receita Líq. Impostos (R\$)	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA (R\$)	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331
Investimentos (R\$)	-81.512.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-81.512.500	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688	103.688
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760	27.995.760
PIS/COFINS - 9,25%	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608	2.589.608
Outros - 5 %	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788	1.399.788
Receita Líq. Impostos (R\$)	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364	24.006.364
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000	8.768.000
EBITDA	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364	15.238.364
Depreciação/Amortização (R\$)	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625	4.075.625
EBIT (R\$)	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739	11.162.739
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331	3.795.331
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033	11.443.033

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 12,77
VPL do Projeto (R\$): 10.211.279,00

Tabela 47 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740
PIS/COFINS - 9,25%	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311
Outros - 5 %	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087
Receita Líq. Impostos (R\$)	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA (R\$)	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234
Investimentos (R\$)	-83.762.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-83.762.500	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740	22.381.740
PIS/COFINS - 9,25%	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311	2.070.311
Outros - 5 %	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087	1.119.087
Receita Líq. Impostos (R\$)	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342	19.192.342
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342	8.312.342
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217	4.124.217
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234	1.402.234
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108	6.910.108

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 5,33
VPL do Projeto (R\$): -28.373.230,00

Tabela 48 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030
PIS/COFINS - 9,25%	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363
Outros - 5 %	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602
Receita Líq. Impostos (R\$)	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA (R\$)	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800
Investimentos (R\$)	-83.762.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-83.762.500	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030	26.112.030
PIS/COFINS - 9,25%	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363	2.415.363
Outros - 5 %	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602	1.305.602
Receita Líq. Impostos (R\$)	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066	22.391.066
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066	11.511.066
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941	7.322.941
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800	2.489.800
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266	9.021.266

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 8,76
VPL do Projeto (R\$): -11.450.849,00

Tabela 49 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320
PIS/COFINS - 9,25%	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415
Outros - 5 %	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116
Receita Líq. Impostos (R\$)	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA (R\$)	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366
Investimentos (R\$)	-83.762.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-83.762.500	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320	29.842.320
PIS/COFINS - 9,25%	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415	2.760.415
Outros - 5 %	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116	1.492.116
Receita Líq. Impostos (R\$)	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789	25.589.789
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789	14.709.789
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664	10.521.664
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366	3.577.366
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424	11.132.424

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 11,88
VPL do Projeto (R\$): 5.471.531,00

Tabela 50 - Resultados econômicos para o Caso 2c (utilização de 8 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343	124343
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610
PIS/COFINS - 9,25%	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466
Outros - 5 %	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631
Receita Liq. Impostos (R\$)	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA (R\$)	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932
Investimentos (R\$)	-83.762.500									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-83.762.500	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343	124.343
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610	33.572.610
PIS/COFINS - 9,25%	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466	3.105.466
Outros - 5 %	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631	1.678.631
Receita Liq. Impostos (R\$)	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513	28.788.513
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000	10.880.000
EBITDA	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513	17.908.513
Depreciação/Amortização (R\$)	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125	4.188.125
EBIT (R\$)	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388	13.720.388
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932	4.664.932
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581	13.243.581

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 14,81
VPL do Projeto (R\$): 22.393.911,00

Tabela 51 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940
PIS/COFINS - 9,25%	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834
Outros - 5 %	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397
Receita Líq. Impostos (R\$)	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA (R\$)	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443
Investimentos (R\$)	-94.337.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-94.337.500	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940	25.727.940
PIS/COFINS - 9,25%	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834	2.379.834
Outros - 5 %	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397	1.286.397
Receita Líq. Impostos (R\$)	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709	22.061.709
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709	8.941.709
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834	4.224.834
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443	1.436.443
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265	7.505.265

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 4,90
VPL do Projeto (R\$): -34.177.638,00

Tabela 52 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930
PIS/COFINS - 9,25%	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474
Outros - 5 %	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797
Receita Líq. Impostos (R\$)	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA (R\$)	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607
Investimentos (R\$)	-94.337.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-94.337.500	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930	30.015.930
PIS/COFINS - 9,25%	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474	2.776.474
Outros - 5 %	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797	1.500.797
Receita Líq. Impostos (R\$)	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660	25.738.660
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660	12.618.660
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785	7.901.785
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607	2.686.607
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053	9.932.053

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 8,45
VPL do Projeto (R\$): -14.725.264,00

Tabela 53 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920
PIS/COFINS - 9,25%	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113
Outros - 5 %	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196
Receita Líq. Impostos (R\$)	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA (R\$)	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770
Investimentos (R\$)	-94.337.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-94.337.500	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920	34.303.920
PIS/COFINS - 9,25%	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113	3.173.113
Outros - 5 %	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196	1.715.196
Receita Líq. Impostos (R\$)	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611	29.415.611
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611	16.295.611
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736	11.578.736
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770	3.936.770
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841	12.358.841

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 11,66
VPL do Projeto (R\$): 4.727.111,00

Tabela 54 - Resultados econômicos para o Caso 2d (utilização de 10 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933	142933
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910
PIS/COFINS - 9,25%	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752
Outros - 5 %	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596
Receita Líq. Impostos (R\$)	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA (R\$)	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934
Investimentos (R\$)	-94.337.500									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-94.337.500	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933	142.933
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910	38.591.910
PIS/COFINS - 9,25%	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752	3.569.752
Outros - 5 %	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596	1.929.596
Receita Líq. Impostos (R\$)	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563	33.092.563
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000	13.120.000
EBITDA	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563	19.972.563
Depreciação/Amortização (R\$)	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875	4.716.875
EBIT (R\$)	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688	15.255.688
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934	5.186.934
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629	14.785.629

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 14,66
VPL do Projeto (R\$): 24.179.485,00

Tabela 55 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 180,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160
PIS/COFINS - 9,25%	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145
Outros - 5 %	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808
Receita Líq. Impostos (R\$)	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA (R\$)	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980
Investimentos (R\$)	-98.150.000									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-98.150.000	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Produção de Energia (MWh)	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160	29.396.160
PIS/COFINS - 9,25%	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145	2.719.145
Outros - 5 %	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808	1.469.808
Receita Líq. Impostos (R\$)	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207	25.207.207
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207	9.719.207
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707	4.811.707
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980	1.635.980
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227	8.083.227

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 5,31
VPL do Projeto (R\$): -33.357.378,00

Tabela 56 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 210,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520
PIS/COFINS - 9,25%	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336
Outros - 5 %	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776
Receita Liq. Impostos (R\$)	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA (R\$)	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389
Investimentos (R\$)	-98.150.000									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-98.150.000	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Produção de Energia (MWh)	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520	34.295.520
PIS/COFINS - 9,25%	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336	3.172.336
Outros - 5 %	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776	1.714.776
Receita Liq. Impostos (R\$)	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408	29.408.408
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408	13.920.408
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908	9.012.908
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389	3.064.389
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020	10.856.020

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 9,14
VPL do Projeto (R\$): -11.131.537,00

Tabela 57 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 240,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880
PIS/COFINS - 9,25%	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526
Outros - 5 %	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744
Receita Líq. Impostos (R\$)	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA (R\$)	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797
Investimentos (R\$)	-98.150.000									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-98.150.000	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Produção de Energia (MWh)	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880	39.194.880
PIS/COFINS - 9,25%	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526	3.625.526
Outros - 5 %	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744	1.959.744
Receita Líq. Impostos (R\$)	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610	33.609.610
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610	18.121.610
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110	13.214.110
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797	4.492.797
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812	13.628.812

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 12,59
VPL do Projeto (R\$): 11.094.304,00

Tabela 58 - Resultados econômicos para o Caso 2e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com venda de energia a R\$ 270,00/MWh.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312	163312
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240
PIS/COFINS - 9,25%	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717
Outros - 5 %	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712
Receita Líq. Impostos (R\$)	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA (R\$)	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206
Investimentos (R\$)	-98.150.000									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-98.150.000	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Energia (R\$/MWh)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Produção de Energia (MWh)	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312	163.312
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240	44.094.240
PIS/COFINS - 9,25%	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717	4.078.717
Outros - 5 %	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712	2.204.712
Receita Líq. Impostos (R\$)	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811	37.810.811
Custo de O&M (R\$)	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000	15.488.000
EBITDA	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811	22.322.811
Depreciação/Amortização (R\$)	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500	4.907.500
EBIT (R\$)	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311	17.415.311
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206	5.921.206
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605	16.401.605

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 15,83
VPL do Projeto (R\$): 33.320.146,00

A.2 Estudo econômico para utilização da palha para produção de etanol celulósico

A.2.1 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3a

As Tabelas 59, 60, 61, 62, 63, 64 e 65 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol de segunda geração), com o preço de venda do etanol de R\$ 1,20/l, R\$ 1,30/l, R\$ 1,40/l, R\$ 1,50/l, R\$ 1,60/l, R\$ 1,70/l e R\$ 1,80/l, respectivamente.

A.2.2 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3b

As Tabelas 66, 67, 68, 69, 70, 71 e 72, mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol de segunda geração), com o preço de venda do etanol de R\$ 1,20/l, R\$ 1,30/l, R\$ 1,40/l, R\$ 1,50/l, R\$ 1,60/l, R\$ 1,70/l e R\$ 1,80/l, respectivamente.

A.2.3 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3c

As Tabelas 73, 74, 75, 76, 77, 78 e 79, mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol de segunda geração), com o preço de venda do etanol de R\$ 1,20/l, R\$ 1,30/l, R\$ 1,40/l, R\$ 1,50/l, R\$ 1,60/l, R\$ 1,70/l e R\$ 1,80/l, respectivamente.

A.2.4 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3d

As Tabelas 80, 81, 82, 83, 84, 85 e 86 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol de segunda geração), com o preço de venda do etanol de R\$ 1,20/l, R\$ 1,30/l, R\$ 1,40/l, R\$ 1,50/l, R\$ 1,60/l, R\$ 1,70/l e R\$ 1,80/l, respectivamente.

A.2.5 Detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3e

As Tabelas 87, 88, 89, 90, 91, 92 e 93 mostram o detalhamento dos resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para cogeração de energia), com o preço de venda do etanol de R\$ 1,20/l, R\$ 1,30/l, R\$ 1,40/l, R\$ 1,50/l, R\$ 1,60/l, R\$ 1,70/l e R\$ 1,80/l, respectivamente.

Tabela 59 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406
Receita Liq. Impostos (R\$)	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874
Investimentos (R\$)	-230.709.780									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-230.709.780	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128	48.148.128
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406	2.407.406
Receita Liq. Impostos (R\$)	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796	43.814.796
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118	36.785.118
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629	25.249.629
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874	8.584.874
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244	28.200.244

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 10,59
VPL do Projeto (R\$): -4.665.427,00

Tabela 60 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024
Receita Liq. Impostos (R\$)	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861
Investimentos (R\$)	-230.709.780									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-230.709.780	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472	52.160.472
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024	2.608.024
Receita Liq. Impostos (R\$)	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523	47.626.523
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845	40.596.845
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356	29.061.356
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861	9.880.861
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984	30.715.984

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 11,91
VPL do Projeto (R\$): 15.499.957,00

Tabela 61 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641
Receita Liq. Impostos (R\$)	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848
Investimentos (R\$)	-230.709.780									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-230.709.780	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816	56.172.816
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641	2.808.641
Receita Liq. Impostos (R\$)	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250	51.438.250
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572	44.408.572
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083	32.873.083
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848	11.176.848
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724	33.231.724

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 13,20
VPL do Projeto (R\$): 35.665.341,00

Tabela 62 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258
Receita Liq. Impostos (R\$)	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835
Investimentos (R\$)	-230.709.780									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-230.709.780	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160	60.185.160
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258	3.009.258
Receita Liq. Impostos (R\$)	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977	55.249.977
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299	48.220.299
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810	36.684.810
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835	12.472.835
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463	35.747.463

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 14,45
VPL do Projeto (R\$): 55.830.725,00

Tabela 63 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875
Receita Liq. Impostos (R\$)	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822
Investimentos (R\$)	-230.709.780									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-230.709.780	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504	64.197.504
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875	3.209.875
Receita Liq. Impostos (R\$)	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704	59.061.704
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025	52.032.025
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536	40.496.536
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822	13.768.822
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203	38.263.203

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 15,69
VPL do Projeto (R\$): 75.996.109,00

Tabela 64 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492
Receita Liq. Impostos (R\$)	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810
Investimentos (R\$)	-230.709.780									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-230.709.780	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848	68.209.848
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492	3.410.492
Receita Liq. Impostos (R\$)	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430	62.873.430
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752	55.843.752
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263	44.308.263
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810	15.064.810
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943	40.778.943

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 16,90
VPL do Projeto (R\$): 96.161.493,00

Tabela 65 - Resultados econômicos para o Caso 3a (utilização de 4 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110
Receita Liq. Impostos (R\$)	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797
Investimentos (R\$)	-230.709.780									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-230.709.780	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440	40.123.440
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192	72.222.192
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925	1.925.925
Outros – 5 %	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110	3.611.110
Receita Liq. Impostos (R\$)	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157	66.685.157
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703	1.203.703
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975	641.975
Transporte palha (R\$)	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000	3.584.000
Total de Despesas (R\$)	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678	7.029.678
EBITDA (R\$)	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479	59.655.479
Depreciação/Amortização (R\$)	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489	11.535.489
EBIT (R\$)	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990	48.119.990
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797	16.360.797
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682	43.294.682

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 18,09
VPL do Projeto (R\$): 116.326.876,00

Tabela 66 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394
Receita Liq. Impostos (R\$)	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850
Investimentos (R\$)	-283.608.630									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-283.608.630	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888	59.187.888
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394	2.959.394
Receita Liq. Impostos (R\$)	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978	53.860.978
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109	44.424.109
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678	30.243.678
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850	10.282.850
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259	34.141.259

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 10,36
VPL do Projeto (R\$): -9.942.960,00

Tabela 67 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011
Receita Liq. Impostos (R\$)	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991
Investimentos (R\$)	-283.608.630									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-283.608.630	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212	64.120.212
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011	3.206.011
Receita Liq. Impostos (R\$)	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686	58.546.686
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817	49.109.817
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385	34.929.385
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991	11.875.991
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826	37.233.826

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 11,69
VPL do Projeto (R\$): 14.846.092,00

Tabela 68 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627
Receita Liq. Impostos (R\$)	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132
Investimentos (R\$)	-283.608.630									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-283.608.630	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536	69.052.536
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627	3.452.627
Receita Liq. Impostos (R\$)	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394	63.232.394
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525	53.795.525
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093	39.615.093
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132	13.469.132
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393	40.326.393

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 12,98
VPL do Projeto (R\$): 39.635.145,00

Tabela 69 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243
Receita Liq. Impostos (R\$)	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272
Investimentos (R\$)	-283.608.630									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-283.608.630	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860	73.984.860
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243	3.699.243
Receita Liq. Impostos (R\$)	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101	67.918.101
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232	58.481.232
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801	44.300.801
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272	15.062.272
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960	43.418.960

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 14,24
VPL do Projeto (R\$): 64.424.198,00

Tabela 70 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859
Receita Liq. Impostos (R\$)	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413
Investimentos (R\$)	-283.608.630									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-283.608.630	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184	78.917.184
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859	3.945.859
Receita Liq. Impostos (R\$)	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809	72.603.809
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940	63.166.940
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509	48.986.509
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413	16.655.413
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527	46.511.527

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 15,48
VPL do Projeto (R\$): 89.213.250

Tabela 71 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475
Receita Liq. Impostos (R\$)	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554
Investimentos (R\$)	-283.608.630									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-283.608.630	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508	83.849.508
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475	4.192.475
Receita Liq. Impostos (R\$)	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517	77.289.517
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648	67.852.648
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217	53.672.217
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554	18.248.554
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094	49.604.094

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 16,69
VPL do Projeto (R\$): 114.002.303,00

Tabela 72 - Resultados econômicos para o Caso 3b (utilização de 6 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092
Receita Liq. Impostos (R\$)	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694
Investimentos (R\$)	-283.608.630									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-283.608.630	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240	49.323.240
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832	88.781.832
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516	2.367.516
Outros – 5 %	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092	4.439.092
Receita Liq. Impostos (R\$)	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225	81.975.225
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697	1.479.697
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172	789.172
Transporte palha (R\$)	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000	5.568.000
Total de Despesas (R\$)	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869	9.436.869
EBITDA (R\$)	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356	72.538.356
Depreciação/Amortização (R\$)	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432	14.180.432
EBIT (R\$)	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924	58.357.924
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694	19.841.694
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662	52.696.662

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 17,89
VPL do Projeto (R\$): 138.791.356,00

Tabela 73 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382
Receita Líq. Impostos (R\$)	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307
Investimentos (R\$)	-336.507.480									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-336.507.480	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648	70.227.648
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382	3.511.382
Receita Líq. Impostos (R\$)	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160	63.907.160
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100	51.935.100
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726	35.109.726
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307	11.937.307
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793	39.997.793

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 10,17
VPL do Projeto (R\$): -15.897.659,00

Tabela 74 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998
Receita Liq. Impostos (R\$)	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601
Investimentos (R\$)	-336.507.480									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-336.507.480	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952	76.079.952
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998	3.803.998
Receita Liq. Impostos (R\$)	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848	69.466.848
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789	57.494.789
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415	40.669.415
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601	13.827.601
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188	43.667.188

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 11,51
VPL do Projeto (R\$): 13.515.062,00

Tabela 75 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613
Receita Líq. Impostos (R\$)	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895
Investimentos (R\$)	-336.507.480									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-336.507.480	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256	81.932.256
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613	4.096.613
Receita Líq. Impostos (R\$)	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537	75.026.537
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477	63.054.477
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103	46.229.103
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895	15.717.895
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582	47.336.582

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 12,80
VPL do Projeto (R\$): 42.927.784,00

Tabela 76 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228
Receita Líq. Impostos (R\$)	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189
Investimentos (R\$)	-336.507.480									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-336.507.480	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560	87.784.560
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228	4.389.228
Receita Líq. Impostos (R\$)	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226	80.586.226
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166	68.614.166
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792	51.788.792
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189	17.608.189
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977	51.005.977

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 14,07
VPL do Projeto (R\$): 72.340.505,00

Tabela 77 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843
Receita Liq. Impostos (R\$)	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484
Investimentos (R\$)	-336.507.480									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-336.507.480	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864	93.636.864
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843	4.681.843
Receita Liq. Impostos (R\$)	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915	86.145.915
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855	74.173.855
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481	57.348.481
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484	19.498.484
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371	54.675.371

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 15,31
VPL do Projeto (R\$): 101.753.227,00

Tabela 78 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458
Receita Líq. Impostos (R\$)	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778
Investimentos (R\$)	-336.507.480									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-336.507.480	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168	99.489.168
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458	4.974.458
Receita Líq. Impostos (R\$)	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604	91.705.604
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544	79.733.544
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170	62.908.170
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778	21.388.778
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766	58.344.766

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 16,52
VPL do Projeto (R\$): 131.165.948,00

Tabela 79 - Resultados econômicos para o Caso 3c (utilização de 8 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074
Receita Liq. Impostos (R\$)	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072
Investimentos (R\$)	-336.507.480									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-336.507.480	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040	58.523.040
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472	105.341.472
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106	2.809.106
Outros – 5 %	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074	5.267.074
Receita Liq. Impostos (R\$)	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292	97.265.292
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691	1.755.691
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369	936.369
Transporte palha (R\$)	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000	7.680.000
Total de Despesas (R\$)	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060	11.972.060
EBITDA (R\$)	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233	85.293.233
Depreciação/Amortização (R\$)	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374	16.825.374
EBIT (R\$)	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859	68.467.859
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072	23.279.072
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161	62.014.161

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 17,72
VPL do Projeto (R\$): 160.578.670,00

Tabela 80 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347
Receita Liq. Impostos (R\$)	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231
Investimentos (R\$)	-390.074.940									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-390.074.940	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944	81.406.944
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347	4.070.347
Receita Liq. Impostos (R\$)	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319	74.080.319
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720	59.439.720
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973	39.935.973
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231	13.578.231
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489	45.861.489

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 10,01
VPL do Projeto (R\$): -22.463.565,00

Tabela 81 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543
Receita Liq. Impostos (R\$)	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434
Investimentos (R\$)	-390.074.940									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-390.074.940	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856	88.190.856
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543	4.409.543
Receita Liq. Impostos (R\$)	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035	80.525.035
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436	65.884.436
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689	46.380.689
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434	15.769.434
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002	50.115.002

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 11,35
VPL do Projeto (R\$): 11.631.266,00

Tabela 82 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738
Receita Líq. Impostos (R\$)	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638
Investimentos (R\$)	-390.074.940									
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	-390.074.940	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768	94.974.768
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738	4.748.738
Receita Líq. Impostos (R\$)	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752	86.969.752
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152	72.329.152
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405	52.825.405
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638	17.960.638
Fluxo de Cx. Oper. Líq. (R\$)	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515	54.368.515

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 12,65
VPL do Projeto (R\$): 45.726.097,00

Tabela 83 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934
Receita Liq. Impostos (R\$)	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841
Investimentos (R\$)	-390.074.940									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-390.074.940	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680	101.758.680
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934	5.087.934
Receita Liq. Impostos (R\$)	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468	93.414.468
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869	78.773.869
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122	59.270.122
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841	20.151.841
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027	58.622.027

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 13,92
VPL do Projeto (R\$): 79.820.928,00

Tabela 84 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130
Receita Liq. Impostos (R\$)	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045
Investimentos (R\$)	-390.074.940									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-390.074.940	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592	108.542.592
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130	5.427.130
Receita Liq. Impostos (R\$)	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185	99.859.185
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585	85.218.585
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838	65.714.838
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045	22.343.045
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540	62.875.540

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 15,16
VPL do Projeto (R\$): 113.915.758,00

Tabela 85 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325
Receita Liq. Impostos (R\$)	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249
Investimentos (R\$)	-390.074.940									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-390.074.940	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504	115.326.504
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325	5.766.325
Receita Liq. Impostos (R\$)	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901	106.303.901
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302	91.663.302
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555	72.159.555
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249	24.534.249
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053	67.129.053

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 16,38
VPL do Projeto (R\$): 148.010.589,00

Tabela 86 - Resultados econômicos para o Caso 3d (utilização de 10 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521
Receita Liq. Impostos (R\$)	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452
Investimentos (R\$)	-390.074.940									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-390.074.940	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120	67.839.120
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416	122.110.416
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278	3.256.278
Outros – 5 %	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521	6.105.521
Receita Liq. Impostos (R\$)	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617	112.748.617
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174	2.035.174
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426	1.085.426
Transporte palha (R\$)	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000	9.920.000
Total de Despesas (R\$)	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600	14.640.600
EBITDA (R\$)	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018	98.108.018
Depreciação/Amortização (R\$)	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747	19.503.747
EBIT (R\$)	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271	78.604.271
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452	26.725.452
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566	71.382.566

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 17,58
VPL do Projeto (R\$): 182.105.420,00

Tabela 87 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,20/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769
Receita Liq. Impostos (R\$)	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424
Investimentos (R\$)	-442.344.510									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-442.344.510	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376	92.315.376
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769	4.615.769
Receita Liq. Impostos (R\$)	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992	84.006.992
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236	66.580.236
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011	44.463.011
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424	15.117.424
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812	51.462.812

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 9,86
VPL do Projeto (R\$): -29.834.673,00

Tabela 88 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,30/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416
Receita Liq. Impostos (R\$)	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246
Investimentos (R\$)	-442.344.510									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-442.344.510	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324	100.008.324
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416	5.000.416
Receita Liq. Impostos (R\$)	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293	91.315.293
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537	73.888.537
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311	51.771.311
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246	17.602.246
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291	56.286.291

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 11,20

VPL do Projeto (R\$): 8.828.823,00

Tabela 89 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,40/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064
Receita Liq. Impostos (R\$)	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068
Investimentos (R\$)	-442.344.510									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-442.344.510	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272	107.701.272
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064	5.385.064
Receita Liq. Impostos (R\$)	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593	98.623.593
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837	81.196.837
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612	59.079.612
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068	20.087.068
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769	61.109.769

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 12,51
VPL do Projeto (R\$): 47.492.320,00

Tabela 90 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,50/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711
Receita Liq. Impostos (R\$)	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890
Investimentos (R\$)	-442.344.510									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-442.344.510	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220	115.394.220
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711	5.769.711
Receita Liq. Impostos (R\$)	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894	105.931.894
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138	88.505.138
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912	66.387.912
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890	22.571.890
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248	65.933.248

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 13,78
VPL do Projeto (R\$): 86.155.817,00

Tabela 91 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,60/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358
Receita Liq. Impostos (R\$)	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712
Investimentos (R\$)	-442.344.510									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-442.344.510	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168	123.087.168
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358	6.154.358
Receita Liq. Impostos (R\$)	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195	113.240.195
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438	95.813.438
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213	73.696.213
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712	25.056.712
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726	70.756.726

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 15,02
VPL do Projeto (R\$): 124.819.314,00

Tabela 92 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,70/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006
Receita Liq. Impostos (R\$)	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535
Investimentos (R\$)	-442.344.510									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-442.344.510	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204
Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116	130.780.116
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006	6.539.006
Receita Liq. Impostos (R\$)	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495	120.548.495
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739	103.121.739
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514	81.004.514
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535	27.541.535
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204	75.580.204

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 16,24

VPL do Projeto (R\$): 163.482.811,00

Tabela 93 - Resultados econômicos para o Caso 3e (utilização de 12 % de palha para produção de etanol celulósico), com venda de etanol a R\$ 1,80/litro.

Safra	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta (R\$)	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653
Receita Liq. Impostos (R\$)	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357
Investimentos (R\$)	-442.344.510									
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	-442.344.510	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683

Safra	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Etanol (R\$/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Produção de Etanol (l)	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480	76.929.480
Tempo Oper. Projeto (anos)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Receita Bruta (R\$)	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064	138.473.064
PIS/COFINS – R\$ 0,048 / l	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615	3.692.615
Outros – 5 %	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653	6.923.653
Receita Liq. Impostos (R\$)	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796	127.856.796
Mão de obra (R\$)	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Insumos (R\$ 0,03 / l)	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884	2.307.884
Manutenção (R\$ 0,016 / l)	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872	1.230.872
Transporte palha (R\$)	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000	12.288.000
Total de Despesas (R\$)	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756	17.426.756
EBITDA (R\$)	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040	110.430.040
Depreciação/Amortização (R\$)	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226	22.117.226
EBIT (R\$)	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814	88.312.814
Provisão de Imp. de Renda (R\$)	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357	30.026.357
Fluxo de Cx. Oper. Liq. (R\$)	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683	80.403.683

Fonte: Próprio Autor.

TIR do Projeto (%): 17,45

VPL do Projeto (R\$): 202.146.307,00