

PAULO EMILIO FERREIRA DIAS

DIFERENCIAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS DE MANDIOCA
POR MEIO DA ANÁLISE EMERGÉTICA EM CAMPOS NOVOS PAULISTA-SP

Botucatu

2019

PAULO EMILIO FERREIRA DIAS

**DIFERENCIAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS DE MANDIOCA
POR MEIO DA ANÁLISE EMERGÉTICA EM CAMPOS NOVOS PAULISTA-SP**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu para a obtenção do título de mestre em Agronomia – Energia na Agricultura.

Orientador: Leonardo de Barros Pinto

Botucatu

2019

D541d

Dias, Paulo Emilio Ferreira

Diferenciação dos sistemas produtivos de mandioca por meio da análise emergética em Campos Novos Paulista-SP / Paulo Emilio Ferreira Dias. -- Botucatu, 2019

100 p. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Leonardo de Barros Pinto

1. Cultivo de mandioca. 2. Mandioca. 3. Emergia. 4. Sustentabilidade. 5. Índice de sustentabilidade.. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIFERENCIAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS DE MANDIOCA POR MEIO DA ANÁLISE EMERGÉTICA EM CAMPOS NOVOS PAULISTA-SP

AUTOR: PAULO EMILIO FERREIRA DIAS

ORIENTADOR: LEONARDO DE BARROS PINTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LEONARDO DE BARROS PINTO
Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. LUIZ CESAR RIBAS
Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. YVO MARCELO CHIARADIA MASSELLI
INATEL (participação por videoconferência)

Botucatu, 30 de julho de 2019

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo amor, apoio e incentivo incondicionais.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Barros Pinto, pela orientação, ensinamentos, atenção e contribuições sobre interdisciplinaridade.

Ao Professor Dr. Flávio Augusto Barrela, pela atenção, compartilhamento de conhecimentos e ferramentas utilizadas no aprimoramento deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, em especial ao Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, pela educação e professores que auxiliaram na confecção deste trabalho.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos concedida.

Aos queridos amigos, pelo apoio acadêmico e emocional.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste mestrado e do presente trabalho.

RESUMO

A mandioca é cultivada em grande parte do território nacional, portanto, em distintas regiões, sob diferentes sistemas de produção. Na produção de alimentos, chamada “mandioca de mesa”, é considerada uma das principais fontes de carboidratos, vitaminas e sais minerais, o que representa um aspecto importante à alimentação de populações em países pobres. Para a indústria, a mandioca assume destaque na composição de embalagens, colas, mineração, têxtil e farmacêutica e também o de alimentos embutidos, dentre outros, por meio da utilização da fécula. Devido à necessidade do desenvolvimento de sistemas produtivos sustentáveis (melhores desempenhos ambientais, econômicos e sociais), e, em razão da importância da mandioca no cenário agrícola brasileiro, este estudo teve como finalidade realizar o balanço emergético, comparando e analisando distintos sistemas produtivos de mandioca. Ademais, índices emergéticos podem ser utilizados para se ter uma correlação e interação do homem com o meio ambiente, servindo também para se avaliar como estes sistemas se comportam econômica e ecologicamente. Assim, a utilização da análise emergética permite que os custos emergéticos e benefícios sejam comparados, e desta forma, contribuem para gestão de recursos de forma sustentável. Por meio de instrumentos de coleta de dados, foram determinados todos os recursos renováveis (R), não renováveis (N) e financeiros (F) para cada um dos 35 estabelecimentos rurais participantes desta pesquisa. Devido algumas similaridades, estes estabelecimentos foram agrupados em *clusters*, desta forma, foram verificados e identificados padrões e relações entre os componentes de cada grupo formado. Com as informações sobre a quantidade de recursos R, N e F, foi realizado o cálculo emergético, que contabiliza todos as entrada e saídas destes recursos. Enquanto pelo método econômico tradicional são analisados somente os custos fixos, custos variáveis, e o mercado, portanto, para a comercialização deste produto, não são consideradas as contribuições da natureza e dos ecossistemas que estão envolvidos diretamente em sua produção. Índices emergéticos também foram calculados índices, tais como, Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Carga ambiental/Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (ESI) e Renovabilidade (%R). Foram elaborados diagramas triangulares para a determinação e representação gráfica do processo produtivo que apresenta melhores desempenhos ambientais, econômicos e sociais, sob o ponto de vista emergético indicando qual destes sistemas do ponto de vista da sustentabilidade, possui maiores e melhores índices emergéticos. Então, por meio da técnica de *clusterização*, foram identificados 9 agrupamentos com um número variado de estabelecimentos em cada um. Na sequência procedendo-se à análise emergética, obteve-se que apenas 20% dos estabelecimentos rurais são sustentáveis, enquanto os 80% restantes são insustentáveis a médio prazo ou não sustentáveis, em razão dos critérios utilizados e adotados neste estudo.

Palavras-chave: Cultivo de mandioca. Mandioca. Emergia. Sustentabilidade. Índice de sustentabilidade.

ABSTRACT

Cassava is cultivated in much of the national territory, therefore, in different regions, under different production systems. In food production, called “table cassava”, it is considered one of the main sources of carbohydrates, vitamins and minerals, which represents an important aspect for the feeding of populations in poor countries. For the industry, cassava assumes prominence in the composition of packaging, glues, mining, textiles and pharmaceuticals and also of embedded foods, among others, through the use of starch. Due to the need for the development of sustainable production systems (better environmental, economic and social performances), and, due to the importance of cassava in the Brazilian agricultural scenario, this study aimed to carry out the emergy balance, comparing and analyzing different cassava production systems. Moreover, emergy indexes can be used to have a correlation and interaction between man and the environment, also serving to evaluate how these systems behave economically and ecologically. Thus, the use of emergy analysis enables emergy costs and benefits to be compared, and thus contributes to sustainable resource management. Through data collection instruments, all renewable (R), non-renewable (N) and financial (F) resources were determined for each of the 35 rural establishments participating in this research. Due to some similarities, these establishments were grouped into clusters, thus, patterns and relationships between the components of each group formed were identified and verified. With information on the amount of resources R, N and F, the emergy calculation was performed, which accounts for all inputs and outputs of these resources. While the traditional economic method only analyzes fixed costs, variable costs and the market, therefore, for the commercialization of this product, the contributions of nature and ecosystems that are directly involved in its production are not considered. Emergy indexes were also calculated such as Emergy yield (EYR), Emergy investment (EIR), Environmental impact (ELR), Sustainability index (ESI) and Renewability (% R). Triangular diagrams were developed for the determination and graphical representation of the productive process that presents the best environmental, economic and social performances, from the point of view of emergence indicating which of these systems from the point of view of sustainability has the highest and best emergence rates. Then, through the clustering technique, 9 clusters were identified with a varied number of establishments in each one. Following the emergy analysis, it was found that only 20% of rural establishments are sustainable, while the remaining 80% are unsustainable in the medium term or unsustainable, due to the criteria used and adopted in this study.

Keywords: Manioc Cultivation. Cassava. Emergy. Sustainability. Index of sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linhas de recursos renováveis (R), recursos não renováveis (N) e recursos provenientes da economia (F)	47
Figura 2 – Linhas de sensibilidade	47
Figura 3 – Linhas de sustentabilidade	48
Figura 4 – Identificação da região do Médio Paranapanema	50
Figura 5 – Etapas para a realização do estudo	54
Figura 6 – Dendrograma de <i>clusters</i> baseado nos instrumentos de coleta de dados	72
Figura 7 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> maior preço de venda - Representação no Diagrama Triangular	75
Figura 8 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> menor média de quantidade colhida - Representação no Diagrama Triangular	77
Figura 9 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> menor média de terras arrendadas - Representação no Diagrama Triangular	80
Figura 10 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> maior média de terras arrendadas - Representação no Diagrama Triangular	82
Figura 11 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> produtores exclusivos de mandioca - Representação no Diagrama Triangular	84
Figura 12 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> menor média de área cultivada - Representação no Diagrama Triangular	87
Figura 13 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> menor área cultivada - Representação no Diagrama Triangular	89
Figura 14 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> menor quantidade colhida - Representação no Diagrama Triangular	91
Figura 15 – Diagrama triangular – <i>Cluster</i> maior número de trabalhadores - Representação no Diagrama Triangular	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Produção de mandioca no mundo em 2016.....	27
Quadro 2 – Variáveis emergéticas	40
Quadro 3 – Quantidade de matéria orgânica	58
Quadro 4 – Perda do solo agrícola.....	58
Quadro 5 – Definição e divisão de recursos R, N e F	65
Quadro 6 – Caracterização geral de recursos e índices	69
Quadro 7 – Caracterização geral de recursos e índices divididos por <i>clusters</i>	70
Quadro 8 – Recursos e índices <i>cluster</i> maior preço de venda	73
Quadro 9 – Recursos e índices <i>cluster</i> menor média de quantidade colhida.....	76
Quadro 10 – Recursos e índices <i>cluster</i> menor média de terras arrendadas	79
Quadro 11 – Recursos e índices <i>cluster</i> maior média de terras arrendadas.....	81
Quadro 12 – Recursos e índices <i>cluster</i> produtores exclusivos de mandioca.....	83
Quadro 13 – Recursos e índices <i>cluster</i> menor média de área cultivada	86
Quadro 14 – Recursos e índices <i>cluster</i> menor área cultivada	88
Quadro 15 – Recursos e índices <i>cluster</i> menor quantidade colhida	90
Quadro 16 – Recursos e índices <i>cluster</i> maior número de trabalhadores.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela para cálculo do fluxo de energia	63
Tabela 2 – Tabela para cálculo do fluxo de energia - Exemplo.....	64
Tabela 3 – Tabela para cálculo de <i>emDolares</i> - Exemplo.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APTA	Agência Paulista de Tecnologia e Agronegócios
FAO	Food and Agriculture Organization
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
seJ	Energia solar em joules
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
EIR	Investimento Energético
EIS ou SI	Índice de Sustentabilidade
ELR	Índice de Carga Ambiental ou Impacto Ambiental
Em	Energia
EYR	Rendimento Energético
F	Recurso Pago
N	Recurso Não Renovável
R	Recurso Renovável
Tr	Transformidade
%R	Porcentual de recursos renováveis (Renovabilidade)
Y	Energia Total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	JUSTIFICATIVA.....	23
3	OBJETIVOS.....	25
3.1	Objetivo geral.....	25
3.2	Objetivos específicos.....	25
4	REVISÃO DE LITERATURA	26
4.1	Mandioca no mundo e no Brasil.....	26
4.2	Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável.....	29
4.3	Energia	34
4.4	Transformidade nos sistemas	37
4.5	Cálculo emergético.....	39
4.6	Indicadores emergéticos	41
4.6.1	EYR – Rendimento emergético.....	42
4.6.2	EIR – Investimento emergético	43
4.6.3	ELR – Carga ambiental – Impacto ambiental.....	44
4.6.4	ESI – Índice de sustentabilidade	44
4.6.5	Renovabilidade (%R)	45
4.7	Diagrama emergético triangular ou diagramas ternários	46
4.7.1	Linhas de recursos renováveis (R), recursos não renováveis (N) e recursos provenientes da economia (F).....	46
4.7.2	Linhas de sensibilidade	47
4.7.3	Linhas de sustentabilidade.....	48
5	MATERIAIS E MÉTODOS	49
5.1	Área de estudo	49
5.2	Metodologia.....	50
5.3	Análise de <i>clusters</i>	52
5.4	Etapas da pesquisa	53
5.5	Cálculo de energia	54
5.5.1	Energia solar	55
5.5.2	Precipitação.....	56
5.5.3	Perda do solo	57
5.5.4	Biodiversidade.....	59
5.5.5	Sementes e mudas	60
5.5.6	Calcário, Fertilizantes, Pesticidas e herbicidas	60
5.5.7	Combustível	60
5.5.8	Maquinários.....	61
5.5.9	Mão de obra	61
5.5.10	Produtos	62
5.6	Tabela de cálculo emergético.....	63
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
6.1	Análise descritiva	67
6.2	Caracterização de <i>clusters</i>	70
6.3	Diagramas triangulares	72
6.4	<i>Cluster</i> maior preço médio de venda	73

6.4.1	Discussão <i>cluster</i> maior preço médio de venda.....	75
6.5	<i>Cluster</i> menor média de quantidade colhida.....	76
6.5.1	Discussão <i>cluster</i> menor média de quantidade colhida	78
6.6	<i>Cluster</i> menor média de terras arrendadas.....	78
6.6.1	Discussão <i>cluster</i> menor média de terras arrendadas.....	80
6.7	<i>Cluster</i> maior média de terras arrendadas.....	81
6.7.1	Discussão <i>cluster</i> maior média de terras arrendadas	82
6.8	<i>Cluster</i> produtores exclusivos de mandioca.....	83
6.8.1	Discussão <i>cluster</i> produtores exclusivos de mandioca.....	85
6.9	<i>Cluster</i> menor média de área cultivada.....	85
6.9.1	Discussão <i>cluster</i> menor média de área cultivada.....	87
6.10	<i>Cluster</i> menor área cultivada	88
6.10.1	Discussão <i>cluster</i> menor área cultivada.....	89
6.11	<i>Cluster</i> menor quantidade colhida.....	90
6.11.1	Discussão <i>cluster</i> menor quantidade colhida.....	91
6.12	<i>Cluster</i> maior número de trabalhadores.....	92
6.12.1	Discussão <i>cluster</i> maior número de trabalhadores	93
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
	REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta*), como é popularmente chamada no estado de São Paulo, é uma raiz largamente cultivada no Brasil, apresentando usos tanto para alimentação, quanto para o setor industrial. Esta espécie hortícola tuberosa é consumida na forma de farinha de mandioca, polvilho (fécula de mandioca), cozida aos pedaços ou frita, e, utilizada para vários fins, podendo ser classificada em função do seu tipo de raiz em duas categorias principais, a mandioca de “mesa” e a mandioca “industrial”.

Grande parte da mandioca de “mesa” é comercializada na forma “in natura”. É um dos alimentos mais consumidos no Brasil, pois, trata-se de uma ótima fonte de carboidrato, vitaminas e sais minerais, tornando-se então, um alimento fundamental para a saúde, tendo um alto valor energético. A farinha de mandioca em especial, é utilizada de várias formas como alimento, por exemplo, em forma de farinha.

A mandioca para a indústria pode ser utilizada de muitas formas, dentre elas, a fécula é a mais utilizada. A fécula e demais produtos que tem a mandioca em sua composição têm demanda crescente no mercado de produtos derivados do amido, sobretudo como insumo em diversos ramos industriais, tais como, o de alimentos embutidos, embalagens, colas, mineração, têxtil e farmacêutica, dentre outros.

Diferente de outras culturas, como café, trigo, soja e algodão, por exemplo, cujos cultivos ocorrem em regiões mais restritas do país, a mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros, devido sua adaptabilidade às mais variadas condições climáticas, sendo, assim, um grande gerador de renda e emprego, principalmente entre os pequenos e médios produtores.

O Brasil vem produzindo em média 24 milhões de toneladas anuais, em uma área de aproximadamente 1,5 milhões de hectares.

O estado de São Paulo, por sua vez, representa uma média 1,17 milhões de toneladas em uma área plantada de 50 mil hectares (FAO, 2017).

Neste cenário, destaca-se a região do Médio Paranapanema, configurando-se como a maior região produtora e fornecedora de mandioca para indústria, respondendo por 50% da produção estadual de raiz e por 70% da produção de fécula (APTA, 2017).

Esta região apresenta-se como a principal produtora, com uma quantidade acima da média paulista e brasileira, produzindo, no ano de 2016, aproximadamente 90 mil toneladas, apresentando um rendimento médio de 29,5 toneladas por hectare. Vale ressaltar, comparativamente, que a produção média brasileira para o mesmo ano foi de aproximadamente 15 toneladas por hectare (FAO, 2017).

A cultura da mandioca que comumente é utilizada para a alimentação, contribui para a conservação da biodiversidade, pois, estes sistemas tendem a ser mais diversificados do que as culturas convencionais.

Diante desses apontamentos é possível observar a existência de uma expressiva diferenciação da produção de mandioca, e para analisar tais sistemas, ou também os diferentes resultados quanto a sustentabilidade dos mesmos, podem ser desenvolvidos estudos sobre energia.

A análise emergética pode ser utilizada para fins de comparação de sistemas produtivos, e, com isso, a determinação de qual sistema apresenta melhores desempenhos ambientais, econômicos e sociais, utilizando-se para isso, o balanço dos recursos renováveis, recursos não renováveis e recursos financeiros, que são transformados e em uma única unidade, computados, e desta forma, posteriormente comparados.

Para fins da utilização da metodologia emergética neste estudo foi necessária uma observação dos sistemas produtivos de mandioca, para um entendimento da interação das forças naturais e as forças mobilizadas pelo homem. Isto por que, o produto gerado ao final do processo produtivo deve incorporar toda a energia contida nos insumos utilizados para a sua produção, gerando-se assim, um produto de maior valor agregado, ou seja, depois das ocorrências de transformações energéticas, o produto final gerado, possui menos energia do que a utilizada para a sua produção, no entanto, cria-se um produto mais valioso, já que uma grande quantidade de recursos foi utilizada para a sua criação.

2 JUSTIFICATIVA

Dentro de uma análise comumente econômica de dado sistema produtivo, via de regra a determinação dos preços de inúmeros produtos, em geral consiste em mensurar inicialmente os custos fixos, os custos variáveis, analisar o mercado e, posteriormente, aplicar uma margem de lucro que se queira, para se obter um preço final de venda competitivo. O que, todavia, não é medido atualmente é a contribuição da natureza e dos ecossistemas que estão envolvidos diretamente na produção de determinado produto (ORTEGA, 2002).

Desta forma, toda a análise de determinada produção que não se pauta exclusivamente na dimensão economicamente pura é definida como emergia. Odum (2000) define que "a emergia é trabalho total realizado para produzir um recurso". Portanto, a análise emergética pode medir todas as contribuições, como por exemplo, massa, energia, moeda, etc., ou seja, transformá-los em valores equivalentes (emergia), permitindo-se assim, reconhecer o valor monetário do trabalho realizado pelos ecossistemas naturais para a produção de determinado produto ou serviço

A emergia, de outra forma, é um conceito termodinâmico que considera a trajetória dos recursos transformados nos sistemas, ou seja, correspondente a soma da energia potencial ("exergia") utilizada para produzir algo. É a quantidade de energia consumida, direta ou indiretamente, para produzir outro tipo de energia. Como padrão para expressar a energia envolvida em um processo, se utiliza a radiação solar equivalente (emergia solar), a qual para efeitos de uma análise monetária de um dado sistema produtivo com base na análise emergética é somada a uma variável econômica.

A importância da pesquisa emergética dentro da perspectiva da sustentabilidade, se dá em razão da quantidade de recursos naturais que são utilizados na produção de diversos produtos, como por exemplo, luz solar, água da chuva, perda do solo, etc., que muitas vezes não são contabilizados, a falta desses apontamentos, podem gerar grandes problemas ambientais devido à uma exploração do solo, da água, dentre outros impactos, o que pode degradar um dado ecossistema, o que se traduz em grande perda de energia.

Índices de sustentabilidade dentro deste aspecto, podem apontar se um sistema produtivo é: 1) não sustentável; 2) não sustentável em longo prazo, ou; 3) sustentável. Dos cálculos apresentados por Brown e Ulgiati (2002) possibilitam estabelecer índices de sustentabilidade quando menores do que 1, indicam que os produtos produzidos em um processo, não são sustentáveis em longo prazo. Índices com valores entre 1 e 5, são sustentáveis do ponto de vista da economia e da ecologia, porém, sustentáveis em apenas médio prazo. Já os processos produtivos em longo prazo, são aqueles que apresentam valores do índice de sustentabilidade maiores que 5.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Este estudo buscou analisar sob a ótica da análise emergética, aspectos de sustentabilidade em face da diversidade dos sistemas produtivos de mandioca em Campos Novos Paulista SP, bem como, determinar parâmetros e índices de sustentabilidade emergética e diagramas emergéticos triangulares dos principais sistemas produtivos regionais de mandioca.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os principais aspectos sociais, econômicos e ambientais dos sistemas produtivos de mandioca da região de estudo;
- Mensurar a quantidade de recursos R (renováveis) nos sistemas de produção regionais;
- Mensurar a quantidade de recursos N (não renováveis) nos sistemas de produção regionais;
- Mensurar a quantidade de recursos F (financeiros) nos sistemas de produção regionais;
- Analisar os sistemas produtivos pesquisados sobretudo do ponto de vista emergético;
- Analisar o fluxo emergético dos sistemas produtivos estudados;
- Verificar se os sistemas produtivos abordados na pesquisa são sustentáveis sob o ponto de vista da análise emergética.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Mandioca no mundo e no Brasil

A mandioca (*Manihot esculenta*), também conhecida por macaxeira ou aipim, vem sendo cultivada há séculos pelos indígenas, tem origem sul-americana, e, acabou sendo aproveitada por colonizadores europeus, que disseminaram esta cultura nos países da África. (CASCUDO, 2011)

Sua principal característica é a produção de um elevado volume de carboidrato por área durante vários meses no ano, e isso ocorre mesmo com situações adversas do solo, como problemas de fertilidade, baixo nível de matéria orgânica, solo arenoso, incidência de pouca chuva, falta de mudas adequadas, pragas, doenças, etc.

A cultura da mandioca pode ser mantida no solo em períodos variáveis, que costumam ser chamados de cultivo "de ano" (para um ano agrícola) ou "de ano e meio" (quando ultrapassa um ano agrícola). Todavia, em razão de sua perecibilidade, após colhida, a matéria prima deve ser consumida brevemente.

A mandioca é cultura que mais produz carboidratos por área, sendo somente superada pela cana de açúcar (*Saccharum officinarum*). Por não conter glúten é uma opção ideal de substituição de derivados de trigo e do milho. Ela também é muito rica em fibras e possui quantidade 3 vezes maior de calorias que a batata (DE SOUZA, 2013).

É também a cultura que possibilita grande produção de etanol por área, podendo ultrapassar aquele obtido por meio da utilização da cana-de-açúcar. Uma tonelada de mandioca pode produzir até 211 litros de combustível, enquanto a cana produz 85 litros de álcool por tonelada. (ABAM, 2016)

Segundo a EMBRAPA (2003), a cultura de mandioca é classificada em duas formas:

- Mandioca de "mesa" - Comercializada tradicionalmente em feiras livres e/ou supermercados de forma *in natura*;

- Mandioca para indústria - Aquelas que são exclusivamente cultivadas para a indústria e devem ser transformadas/beneficiadas.

Já as unidades de produção de mandioca podem ser classificadas em (SEBRAE, 2012):

- Doméstica, que são aquelas que possuem um nível de mecanização baixo, pouca utilização de insumos agrícolas, e geralmente sua produção é destinada ao consumo local;
- Familiar, que utilizam maquinário em parte do processo produtivo com um desempenho razoável em sua produtividade, e sua produção é destinada ao mercado local e regional;
- Empresarial, que utilizam mão-de-obra contratada, mecanização em todo o processo produtivo e sua produção é praticamente toda voltada para as indústrias.

A produção mundial de mandioca é de 277,1 milhões de toneladas, sendo a Nigéria o maior produtor mundial com 20,61% da produção, seguida pela Tailândia com 11,24%, Brasil com 7,6% e Indonésia com 7,48% da produção. O Brasil já foi o maior produtor de mandioca do mundo na década de 1970, e hoje encontra-se em 3º lugar da produção mundial (FAO, 2014).

Deve-se ressaltar ainda que a contribuição do Brasil em 2013 foi responsável por 75 % da produção sul-americana (FAO, 2014).

Quadro 1 – Produção de mandioca no mundo em 2016

País	Produção (milhões de ton)	Área colhida (milhões de ha)
Nigéria	57,13	9,12
Tailândia	31,16	1,41
Brasil	21,08	1,41
Indonésia	20,74	0,87
Gana	17,8	0,94
Congo	14,67	1,8
Outros países	114,52	7,93
Total	277,1	23,47

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2016).

Estima-se que no Brasil entre 2011 e 2015, houve uma produção anual de 24 milhões de toneladas, destacando a região Norte com crescimento de 2,4%, a Sul

com um crescimento no período de 4,7% e a Nordeste com 10,6% de crescimento na produção. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, houve um decréscimo da produção neste intervalo da ordem de, respectivamente, 5,5% e 0,1%. Supõe-se que este decréscimo ocorreu devido ao baixo preço e a migração para outras culturas como soja e milho (IBGE, 2017).

A mandioca é cultivada em todo território brasileiro, e possui um custo de produção consideravelmente menor quando comparada a outras culturas (HISANO et al., 2008).

Atualmente o custo de produção de mandioca por tonelada é de R\$175,00, enquanto, o custo por tonelada de milho é de R\$302,00 e o de cana-de-açúcar é de R\$390,00 por tonelada. (AGRIANUAL, 2018)

Para Nachiluk *et al.* (2009), a importância comercial ocorre principalmente em face da raiz ser uma importante fonte de calorias e, segundo EMBRAPA (2011), alimentando aproximadamente 500 milhões de pessoas por todos os continentes.

De acordo com FAO (2014), a mandioca constitui-se como uma das espécies mais confiáveis à segurança alimentar no mundo.

A partir das raízes da mandioca, podem ser elaborados mais de 600 produtos, a planta vem sendo utilizada na alimentação de várias espécies de animais, assumindo importância na criação de bovinos, peixes, bubalinos, aves e suínos (HISANO et al., 2008).

No Brasil ocorre, por outro lado um grande consumo de farinha de mandioca, que geralmente é produzida de forma artesanal em comunidades tradicionais. Trata-se de um produto que é essencial tanto para a alimentação quanto para a economia local (EMBRAPA, 2011).

Para Camargo (2018), por se tratar de um produto de origem indígena, sua importância foi constatada desde o Brasil colônia, sendo parte da alimentação dos colonizadores e de parte da alimentação das pessoas que participavam de expedições marítimas para a expansão do interior do Brasil.

Além do consumo *in natura*, ou seja, de mandioca de mesa, a cultura assume grande destaque como insumo voltado para indústria, sendo utilizada como matéria prima para as indústrias de transformação de inúmeros seguimentos econômicos,

como, fécula, álcool, fermento, papéis, tapioca, sagu, goma para tecidos, etc. (ABAM, 2019)

Portanto, devido a toda a importância desta cultura e a sua diversidade, realizar a análise emergética dos sistemas produtivos de mandioca e apontamento dos sistemas produtivos comparativamente mais sustentáveis, torna-se um desafio para este setor, pois, esta análise leva em conta além de todos os aspectos econômicos, todas as contribuições e recursos fornecidos pela natureza.

4.2 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

Para Dovers e Handmer (1992) sustentabilidade é a capacidade de um sistema, sendo ele humano, natural ou misto, de resistir ou se adaptar à mudança endógena ou exógena por um período de tempo indeterminado, considerando o DS um mecanismo de mudança intencional que visa a melhoria e que aumenta ou pelo menos mantém esse atributo do sistema original, ao responder às necessidades da população presente. De forma generalista, o DS é o caminho para se alcançar a sustentabilidade, isto é, a sustentabilidade é o objetivo ou resultado final, de longo prazo.

O desenvolvimento sustentável (DS) como projeto político e social da humanidade tem promovido a orientação de esforços no sentido de encontrar caminhos para sociedades sustentáveis (SALAS-ZAPATA *et al.*, 2011).

Desde o início deste século, devido ao desequilíbrio causado ao meio ambiente por meio da ação do homem por meio da extração inadequada de recursos naturais, utilização cada vez maior de combustíveis fósseis, desmatamento de grandes áreas de florestas, destruição de vegetações nativas de algumas regiões, poluição de mares e rios, etc., a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável passaram a ser uma preocupação constante.

No intuito de reduzir este desequilíbrio e os danos causados pelo homem, foram realizados inúmeros eventos mundiais, que se traduziram em tratados, acordos e encontros, destacando-se a realização da Conferência de Estocolmo, na Suécia em 1972, onde a questão do meio ambiente foi discutida em termos de

sustentabilidade em relação à economia, sendo que em meados dos anos de 1980 passou-se a utilizar o termo Desenvolvimento Sustentável.

Desenvolvimento sustentável foi definido como a capacidade de se utilizar recursos naturais sem causar prejuízos às gerações futuras, sempre mantendo como objetivo a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes do mundo, requerendo assim, ações distintas em diferentes regiões, e desta forma construindo, então, um modelo sustentável, buscando o crescimento e igualdade econômica entre os povos, conservação de recursos naturais e do meio ambiente e buscando também o desenvolvimento social mundial.

O desenvolvimento sustentável possui uma vasta diversidade de conceitos. (LINDSEY, 2011)

O significado desta nomenclatura varia conforme ao contexto e o campo de atuação (STEPANYAN, LITTLEJOHN e MARGARYAN, 2013).

Contudo, para Bañon Gomis (2011) todas as utilizações apontam para algo positivo e este é um consenso entre a maioria dos estudiosos do assunto. Desta forma, todos e quaisquer estudos e discussões relacionadas a sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável visam o interesse e ao bem estar humano, além da qualidade de vida (ADAMS, 2006; SEAGER, 2008).

Segundo Dias (2011), a Sustentabilidade é dividida em 3 dimensões: (a) econômica, (b) social e (c) ambiental:

- Do ponto de vista econômico, sabe-se que todas as empresas, sejam elas de quaisquer setores, devem ser economicamente viáveis. Isto é, estas empresas devem ser rentáveis, trazendo assim, retorno financeiro dos investimentos realizados;
- Do ponto de vista social, tem-se que boas condições de trabalho devem ser proporcionadas aos trabalhadores, também devem ser gerados cada vez mais empregos trazendo, desta forma, uma maior inclusão social e combatendo a desigualdade;
- E finalmente, do ponto de vista ambiental, as empresas devem se preocupar com os impactos da utilização de recursos naturais e com a emissão de poluentes.

Para Sachs (1993), a sustentabilidade em uma visão mais ampliada, é a junção da sustentabilidade social, econômica, ecológica, espacial e a cultural.

No ano de 2012, no Rio de Janeiro, na Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável nasceram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que tem como objetivo tratar os desafios ambientais, políticos e econômicos.

Desta conferência, foram criados 17 objetivos e 169 metas que definem os prazos pretendidos para o cumprimento de cada objetivo, sendo em sua grande maioria, 2030 como ano final de sua implementação.

Os objetivos estabelecidos foram:

1. Erradicação da pobreza.

Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.

2. Fome zero e agricultura sustentável.

Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

3. Saúde e bem-estar.

Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.

4. Educação de qualidade.

Assegurar a educação inclusiva, e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.

5. Igualdade de gênero.

Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.

6. Água limpa e saneamento.

Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.

7. Energia limpa e acessível.

Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.

8. Trabalho decente e crescimento econômico.

Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.

9. Inovação infraestrutura.

Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação.

10. Redução das desigualdades.

Reduzir as desigualdades dentro dos países e entre eles.

11. Cidades e comunidades sustentáveis.

Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

12. Consumo e produção responsáveis.

Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

13. Ação contra a mudança global do clima.

Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.

14. Vida na água.

Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares, e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

15. Vida terrestre.

Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade

16. Paz, justiça e instituições eficazes.

Promover sociedades pacíficas e inclusivas par ao desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.

17. Parcerias e meios de implementação.

Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Quadros e Tavares (2014, p. 46) realizaram diversos estudos apontando que a sustentabilidade é peça fundamental para o surgimento de inovações, pois, com isso, se reduz a quantidade de matéria prima utilizada, bem como processos são repensados e desta forma, os impactos ambientais são reduzidos. Como resultado final verifica-se uma melhora nos indicadores financeiros das empresas.

Mesmo existindo um número considerável de tratados, acordos, encontros e estudos publicados, os indicadores que podem ser utilizados para a tomada de decisões que envolvem os aspectos ambientais, como por exemplo, redução de emissões de gases, redução no consumo de água em processos produtivos, menor consumo de recursos não renováveis como combustíveis fósseis, mudanças em processos produtivos como a utilização de maquinários mais econômicos, mais eficientes e menos poluentes, menor utilização de defensivos agrícolas, maior utilização de recursos renováveis como adubo verde e/ou esterco, são pouco utilizados. Portanto, a utilização de métodos, que possam comparar resultados, assegurando e reforçando conclusões, facilitarão estas tomadas de decisões, especialmente sobre o ponto de vista da sustentabilidade.

Em setembro de 2019 ocorrerá assembleia geral da ONU que é o principal órgão deliberativo da ONU. Todos os Estados-Membros da Organização (193 países) se reunirão para discutir assuntos que afetam a vida de todos os habitantes do planeta, assuntos estes, ligados ao desenvolvimento sustentável e meio ambiente.

Nesta assembleia, entre vários assuntos, serão discutidos a forma de produção de bens e a valorização de produtos que suportam o desenvolvimento sustentável.

Sabe-se que tradicionalmente, para um produto ser precificado é necessário a realização da análise dos custos fixos, os custos variáveis, a análise do mercado consumidor e posteriormente a sua precificação. Para que o preço final de venda seja competitivo, as regras básicas da economia devem ser seguidas. Porém, a contribuição da natureza e dos ecossistemas que estão envolvidos diretamente na

produção de determinado produto não são necessariamente medidas (ORTEGA, 2002).

Contudo, para a verificação do impacto ambiental e tomadas de decisões, utilizando-se apenas a análise financeira tradicional, não contemplará todos os benefícios e custos que são intangíveis. A avaliação de todos os fatores que são fornecidas pelo ambiente é uma tarefa bastante complexa, e além disso, muitos destes fatores não são avaliados em uma análise financeira, pois, não há formas do estabelecimento de valores monetários. Portanto, se valoriza também entre outras formas de cálculos e análises, por exemplo, a análise emergética.

Segundo Mota (2004), o meio ambiente de forma simplificada funciona, como um sistema aberto, que recebe insumos que são processados e, por fim são transformados em produtos.

A Entrada refere-se a todos os insumos e energia que serão utilizados durante o processo de transformação.

Durante o processamento, toda energia utilizada é transformada para uma outra forma de energia, ou seja, a natureza transforma os insumos de entrada em novos materiais.

Na saída deste sistema simplificado, por sua vez tem-se o produto gerado durante o processamento que em algum momento retornará à entrada do sistema para que ele continue trabalhando.

Para fins do cálculo e da análise emergética, tem-se como base o sistema simplificado descrito anteriormente. Porém, leva-se em conta ainda tudo o que não foi contabilizado e não apenas os insumos e seus custos, ou seja, sustentabilidade social econômica e ecológica. Assim, pode-se apontar qual o índice de sustentabilidade considerando-se o balanço das fontes de energia renováveis, não renováveis e financeiros.

4.3 Energia

Em 1967 Howard Thomas Odum, com o intuito de estudar a energia e as transformações energéticas necessárias para a geração de produtos, bens ou serviços, criou o conceito de Emergia, utilizando-se de análise ecossistêmica-

energética (VARGAS e MARTINS, 2015). O cálculo emergético considera, além dos preços, também a utilização de recursos renováveis e não-renováveis e, conseqüente o impacto da atividade econômica (ORTEGA, 2010). Desta forma, por meio deste cálculo, é possível verificar se um sistema produtivo é sustentável ou não, sob o ponto de vista da metodologia de cálculo emergético.

Odum (2000) define que "a emergia é o trabalho total despendido para produzir um recurso".

Utilizando-se a análise emergética, e a metodologia proposta, é possível abranger tanto os aspectos ambientais como os econômicos.

A emergia é a quantidade de energia necessária, tanto de forma direta como indireta, para obtenção de um produto, seja ele bem ou serviço, em um determinado processo, e sua unidade é expressa em seJ (joule de energia solar). Para seu cálculo deve-se converter os diversos tipos de energia para uma única unidade, para que se permita somar todas as contribuições de energia utilizadas para a obtenção de um de um produto ou serviço (ODUM, 1996).

Na conversão de energia (transformação de energia), joules de um tipo de energia que são gastos para gerar uma quantidade menor de joules de outra energia, portanto, um produto final carrega menos energia do que foi investido no processo total de transformação, porém, um produto mais valioso, pois, utiliza muitos recursos para a sua produção.

Para Ortega (2011) a utilização da emergia, pode permitir que os recursos da natureza (renováveis/gratuitos) tenham o seu valor medido e reconhecido. Além disso, esta análise complementaria uma melhor avaliação de custo-benefício, permitindo uma melhor decisão para a gestão de recursos. Desta forma, toda a contribuição à produção que não se calcula somente para fins econômicos é definida como emergia, pois, a emergia leva em consideração todos os recursos, ou seja, recursos renováveis (R), recursos não renováveis (N) e recursos financeiros (F) utilizados para se produzir algo.

Ulgianti e Brown (1998), afirmam que os recursos R, são geralmente retirados do ambiente (local de estudo) e possuem capacidade de renovabilidade temporal, mais rápida que seu consumo, como por exemplo, a energia solar, ventos, chuva, etc. Desta forma, são recurso limitados, pois, não há a possibilidade do aumento

destes recursos dentro de um sistema, ou seja, não podem ser gerados ou acrescentados pelo homem ao sistema, gratuitos e disponíveis localmente. Afirmam também que os recursos N, geralmente são os recursos armazenados na natureza (local de estudo) não possuem a capacidade de renovabilidade temporal, pois, seu consumo é mais rápido do que sua renovação. Como exemplo, consideramos o carvão e o petróleo. Desta forma, são recursos que dependem de sua exploração, portanto, sua disponibilidade é finita, normalmente não são gratuitos e disponíveis localmente.

Para os recursos financeiros (pagos) Ulgiati e Brown (1998) descrevem, são aqueles geralmente associados a bens e serviços, ou a recursos não renováveis provenientes fora do local de estudo, gerando, portanto, custos financeiros. Desta forma, são recursos com estoques limitados, não são gratuitos e nunca estão disponíveis no local de estudo.

O balanço dos 3 fatores, recursos renováveis (R), recursos não renováveis (N) e recursos financeiros (F) é chamado de balanço emergético, e permite a checagem se um sistema de produção é sustentável, considerando-se a contribuição de cada um deles. Campbell (2016), define que para a produção sustentável de um bem ou serviço, os fatores de custos econômicos, sociais (ex. tratamentos médicos, perda de postos de trabalho devido a mecanização, etc.) e também os ambientais (perdas do solo, etc.) devem ser levados em conta.

A análise do balanço emergético é também descrita por alguns autores, como o estudo por meio de diagramas que representam os fluxos de energia que entram e saem de um sistema, incluindo as transformações energéticas que ocorrem no meio (SILVA, 2009).

Para que haja uma melhor compreensão ao se trabalhar com a energia, pode-se utilizar com base numa abordagem econômica para efeitos da avaliação com base na análise emergética, o seu equivalente econômico, definido como *emdolar*, que é a razão entre a energia e o valor em moeda (energia/dinheiro), variando com a inflação da moeda local (ORTEGA, 2010). Desta forma, pode-se comparar diversos recursos (R, N e F), em uma mesma unidade.

4.4 Transformidade nos sistemas

Transformidade é o termo utilizado para definir o conceito de fator de transformação de energia, ou seja, apresentar quanta energia solar é necessária para gerar uma unidade de qualquer produto. Portanto, para esta representação utilizamos a unidade seJ (solar equivalent Joule) que significa o equivalente solar em joules.

A equação que define a transformidade é:

$$Tr = (\text{energia consumida}) / (\text{energia útil produzida})$$

Onde, Tr é a transformidade.

Para Mariano (2015) a energia é expressa na unidade de joules de energia solar equivalentes (seJ). Para as “transformidades” usa-se o “seJ/J” (Joule de energia solar por Joule) (ORTEGA, 2010). Desta forma, todas as variáveis utilizam a mesma unidade, portanto, é possível contabilizar a transformação referente a energia necessária para fazer uma unidade de energia. É a relação entre a energia e a exergia, este índice mede a qualidade da energia e sua posição hierárquica na energia de determinado sistema (ORTEGA, 2002).

“A transformidade mede a qualidade de energia e sua posição na hierarquia de energia universal. A energia disponível (energia potencial) é usada em um processo de transformação para gerar uma quantidade menor de energia que será usada na próxima etapa do sistema (ORTEGA, 2010 p. 7) ”.

A transformidade geralmente possui eficiências ecossistêmicas pequenas como por exemplo 0,0000010 J/seJ, desta forma, trabalha-se com seu valor inverso, neste caso do exemplo a transformidade será de 1000000 seJ/J (equivalente solar em joules / joules)

A transformidade pode também ser definida como a quantidade de energia solar, diretamente ou indiretamente, utilizada para obtenção de um joule de um determinado produto, bem ou serviço. É considerada como visto anteriormente, como um fator de conversão entre a **Energia** e a **Energia** de qualquer produto, bem

ou serviço, além disso, sendo considerada como o indicativo do inverso da eficiência de um ecossistema.

O valor da energia e da transformidade, dependem diretamente dos materiais e da energia utilizadas nas etapas diversas para a obtenção do produto ou serviço.

Desta forma, variam conforme a matéria prima, com o tipo de energia utilizada na produção, com a eficiência do sistema que a produzirá e com a qualidade da mão de obra empregada. Portanto, o valor da transformidade dependerá do processo de produção, região da produção, origem da matéria prima, mão de obra utilizada e amortização de investimento. O valor deverá estar sempre entre um valor mínimo (e, neste caso, abaixo dele não será possível a obtenção deste produto), e, máximo (que no caso, torna o produto economicamente inviável).

Cabe ressaltar que um produto pode ser produzido por diferentes processos.

Portanto, a energia deste produto dependerá de como ele foi obtido, ou seja, processos diferentes produzirão diferentes transformidades.

Por outro lado, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, todas as transformações de energia são acompanhadas de degradação de energia, o que representa uma medida do trabalho realizado na geração de um fluxo menor de produtos de maior qualidade.

A energia de radiação solar é a maior, porém, a mais dispersa entrada de energia disponível para a Terra. Desta forma como consequência, a transformidade da luz solar foi definida como 1,0 seJ/J por definição (ODUM, 1996).

Já a energia específica de um produto é definida pela unidade de massa de saída e expressa como energia solar por grama (seJ/g).

Por fim, a energia por unidade de dinheiro é utilizada para expressar como moeda de um determinado país ou como moeda de referência internacional, como euro ou dólar; seJ/moeda, é usado para converter fluxos de dinheiro em unidades de energia.

Por seu turno, a energia por unidade de trabalho geralmente é expressa como energia por unidade de tempo (seJ/ano ou seJ/horas), mas também pode ser utilizada como dinheiro ganho (seJ/moeda).

4.5 Cálculo emergético

Para a realização do cálculo emergético podem ser utilizadas variáveis que dependem de cada tipo de sistema de produtivo (ORTEGA, 2010). Portanto, em alguns cálculos, podem ser utilizadas variáveis diferentes, dependendo de cada sistema. A seguir, o Quadro 2 apresenta as variáveis utilizadas para o cálculo emergético.

Quadro 2 – Variáveis emergéticas

Variáveis	
Ambientais	Energia solar direta (radiação solar, vento, chuva)
	Energia gravitacional (ação da massa lunar)
	Energia do calor interno da terra (soerguimento terrestre)
	Energia solar acumulada (estoques materiais)
	Energia da imigração humana
Mudanças de estoques internos	Energia do solo
	Energia da biodiversidade local
	Energia de lençóis de água locais
	Energia de infraestrutura local
	Energia das pessoas
Insumos materiais	Sementes ou mudas
	Inoculantes
	Acondicionadores de solo
	Fertilizantes
	Pesticidas
	Herbicidas
	Outros insumos químicos
	Infraestrutura produtiva
	Maquinário agrícola
	Combustível e lubrificantes
Insumos usados na reciclagem	
Serviços econômicos	Mão de obra simples
	Mão de obra qualificada
	Administração
	Assessoria
	Viagens e viáticos
	Seguridade social
	Custeio
	Seguro agrícola
	Transporte
	Beneficiamento e armazenagem
	Impostos e taxas
	Serviços usados na reciclagem
Produtos e subprodutos	Produto principal
	Subprodutos
	Resíduos
Perdas de insumos	Fertilizantes
	Pesticidas
	Herbicidas
Serviços externos pagos pela sociedade	Tratamento médico de trabalhadores e familiares
	Tratamento de efluentes líquidos e sólidos

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Ortega (2002).

Verifica-se assim, a partir do quadro 2, que para cada sistema produtivo poderão ser utilizados diferentes conjuntos de variáveis para a realização do cálculo emergético. Por exemplo, ao comparar a produção de produtos orgânicos e de não

orgânicos, em um cálculo se utilizam os insumos materiais como, maquinário, combustíveis e lubrificantes, mas não utilizaram os fertilizantes nitrogenados, herbicidas e inseticidas. Portanto, as variáveis do quadro mostrado acima, poderão ser ou não utilizadas.

Para Ortega (2002), “o cálculo dos valores de energia dos insumos e serviços da economia são relativamente simples, bastando encontrar a transformidade apropriada e, as vezes realizar alguma conversão de unidades”.

“Já em relação aos recursos naturais (renováveis e não renováveis), para se obter os valores dos fluxos desses recursos e sua conversão para fluxos de energia se exige um maior esforço” (ORTEGA, 2002).

Os procedimentos para a utilização de cada variável emergética, dependerão da necessidade de cada projeto, porém, estes procedimentos estão descritos no manual de cálculo emergético desenvolvido por Ortega e sua equipe de pesquisas da UNICAMP.

4.6 Indicadores emergéticos

Uma vez tendo procedido o cálculo emergético é possível então, se trabalhar com indicadores.

Um indicador tem como objetivo apontar ou mostrar algo. Trata-se de um instrumento físico tal como, por exemplo, um ponteiro de um relógio. Contudo, um índice pode ser resultado de dados abstratos que contenham informações para determinar uma série de avaliações sobre um acontecimento específico ou, até mesmo, como um sistema evoluirá no futuro

Ademais, um indicador é um instrumento projetado para fornecer informação, portanto, a confiabilidade desta informação será definida como precisa pela mostra do indicador. Desta forma, pode-se entender que quanto melhor for o indicador, mais precisa e confiável será a informação proporcionada. Pode ainda mostrar um sintoma ou sinal, um fator de referência e que serve de comparador para explicar determinada situação ou condição.

Um índice é uma medida em geral quantitativa que possui um significado que é usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito.

Verifica-se, com respeito a cada pesquisa que por meio dos indicadores emergéticos pode-se avaliar as relações entre todos os recursos R, N e F utilizados em um sistema. Os indicadores são dependentes das parcelas dos recursos renováveis e não renováveis. Desta forma, obtém-se várias informações sobre como os sistemas produtivos são desenvolvidos e operados. Os indicadores também podem ser utilizados para a avaliação da qualidade dos fluxos dos recursos de entrada e saída do sistema produtivo e ainda a interação do sistema com o meio ambiente.

No presente estudo foram utilizados os seguintes indicadores emergéticos:

4.6.1 EYR – Rendimento emergético

É a energia resultante do fluxo de saída (produtos, processos e/ou serviços) dividida pela soma do fluxo de energia obtida dos recursos financeiros (F), ou seja, quanto menor for o consumo de recursos financeiros, maior será o rendimento emergético.

Portanto, estabelecimentos rurais que apresentem valores de rendimento emergético alto, caracterizam-se pela utilização de maiores porções de recursos renováveis, utilização de poucos recursos financeiros e normalmente uma quantidade moderada de recursos não renováveis.

$$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R+N+F}{F} \quad (1)$$

Onde:

Y – Energia do fluxo de saída

R – Somatório dos Recursos Renováveis

N – Somatório dos Recursos Não renováveis

F – Somatório dos Recursos Financeiros

Para Ulgiatti e Brown (2002), este índice apresenta a capacidade de o sistema utilizar recursos locais, porém, não diferencia os recursos renováveis dos não renováveis.

Os valores de EYR menores que 5 apresentam indicativos de que foram utilizadas fontes de energia secundária e materiais primários, como por exemplo cimento e aço. Para valores maiores que 5 foram utilizadas fontes primárias de energia. Já para valores menores que 2 não apresentam nenhuma contribuição como fonte de energia, representando etapas de transformação ou produtos de consumo. (ULGIATI e BROWN, 2002)

4.6.2 EIR – Investimento emergético

É a razão entre a energia do fluxo F e os fluxos dos recursos não renováveis e renováveis (N e R). Quanto menor o valor resultante do investimento emergético, menor o uso de recursos financeiros, ou ocorre um consumo maior de recursos renováveis e não renováveis.

Portanto, estabelecimentos rurais que apresentem valores de investimento emergético baixo, caracterizam-se pela utilização de maiores porções de recursos renováveis, utilização de poucos recursos financeiros e normalmente uma quantidade moderada de recursos não renováveis.

$$EIR = \frac{F}{N+R} \quad (2)$$

Onde:

R – Somatório dos Recursos Renováveis

N – Somatório dos Recursos Não renováveis

F – Somatório dos Recursos Financeiros

4.6.3 ELR – Carga ambiental – Impacto ambiental

É a razão entre os fluxos de recursos econômicos e de fluxos de recursos não renováveis (F e N) e a energia associada ao fluxo de recursos relacionados aos recursos renováveis (R). Quanto menor o valor resultante do impacto ambiental, menor o uso de recursos financeiros e de recursos não renováveis, acompanhados de um consumo alto de recursos renováveis.

Portanto, estabelecimentos rurais que apresentem valores de impacto ambiental baixo, caracterizam-se pela utilização de maiores porções de recursos renováveis, utilização de poucos recursos financeiros e não renováveis.

$$ELR = \frac{N+F}{R} \quad (3)$$

Onde:

R – Somatório dos Recursos Renováveis

N – Somatório dos Recursos Não renováveis

F – Somatório dos Recursos Financeiros

Para Ulgiatti e Brown (2002), quanto maior for o índice ELR maior é a utilização de recursos não renováveis.

Valores de ELR menores que 2 indicam um baixo impacto ambiental. Valores maiores que 10 indicam que ocorre um alto impacto ambiental, já para valores entre 3 e 10, são considerados como causadores de impacto ambiental moderados. (ULGIATI e BROWN, 2002).

4.6.4 ESI – Índice de sustentabilidade

Índice que agrega o rendimento emergético à carga ambiental.

Quanto maior o rendimento e menor o impacto ambiental, maior será a sustentabilidade.

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} \quad (4)$$

Onde:

EYR – Rendimento emergético (emergy yield ratio)

ELR – Carga ambiental (environmental loading ratio)

Quanto maior o EYR (rendimento emergético) e menor o ELR (impacto ambiental) maior a sustentabilidade de um sistema produtivo. Ou seja, este índice apresenta que o sistema produtivo causa um pequeno impacto ambiental e um rendimento econômico apropriado.

Para Brown e Ulgiati (2002), quando um sistema ou processo produtivo que apresenta valores de ESI menores que 1, estes sistemas não serão sustentáveis a longo prazo. Sistemas produtivos com valores entre 1 e 5, apresentam sustentabilidade em médio prazo. Já para valores maiores que 5, são sistemas produtivos sustentáveis a longo prazo.

4.6.5 Renovabilidade (%R)

A renovabilidade apresenta a porcentagem de energia de um sistema advinda de recursos renováveis. Quanto maior o índice de renovabilidade maior será a utilização de recursos renováveis, e conseqüentemente uma utilização muito baixa de recursos não renováveis e financeiros.

Segundo Ortega (2002) este parâmetro é utilizado para o balizamento de certificações de produtos associados à preservação do meio ambiente.

$$\%R = \frac{R * 100}{R + N + F} = \frac{R * 100}{Y}$$

Onde:

R – Somatório dos Recursos Renováveis

N – Somatório dos Recursos Não renováveis

F – Somatório dos Recursos Financeiros

4.7 Diagrama energético triangular ou diagramas ternários

Os diagramas triangulares ou ternários auxiliam graficamente na avaliação da eficiência dos sistemas e também uma análise de dado sistema com respeito a dependência dos recursos renováveis, não renováveis e financeiros. Por meio destes diagramas, interações entre sistemas produtivos e o meio ambiente podem ser verificadas e avaliadas.

Com a representação gráfica dos resultados da análise energética, pode-se comparar sistemas, considerando os fatores provenientes do meio ambiente e da economia. Pode-se também avaliar melhorias e acompanhar o desempenho de um sistema produtivo.

A ferramenta gráfica é simples e com uma vasta possibilidade de utilização, podendo ser também aplicada para representar o desempenho de um sistema ou processo produtivo em um determinado período ou ao longo do tempo.

Os diagramas energéticos ou ternários propiciam a triangulação dos valores dos recursos N, R e F de um dado sistema e determinam um ponto que pode ser analisado por meio das seguintes propriedades:

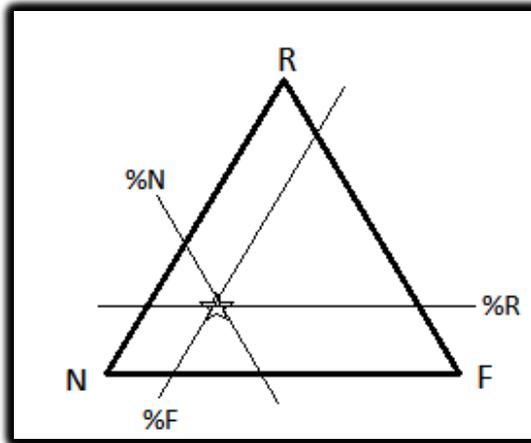
4.7.1 Linhas de recursos renováveis (R), recursos não renováveis (N) e recursos provenientes da economia (F)

O Ponto (identificado por uma estrela) em cada diagrama energético representa um sistema resultante da combinação dos recursos R, N e F, onde a proporção de cada um destes recursos é representada pela perpendicular entre o ponto e o lado do triângulo oposto ao vértice que representa 100% de cada fluxo.

Através das linhas de recurso, paralelas aos lados do triângulo, pode-se comparar a utilização de cada um destes recursos.

Conforme a localização ou a movimentação de um ponto (estrela) dentro do triângulo, as proporções dos recursos R, N e F, são alteradas, ou seja, o ponto define qual a quantidade de cada recurso foi utilizado (Ver Figura 1).

Figura 1 – Linhas de recursos renováveis (R), recursos não renováveis (N) e recursos provenientes da economia (F)



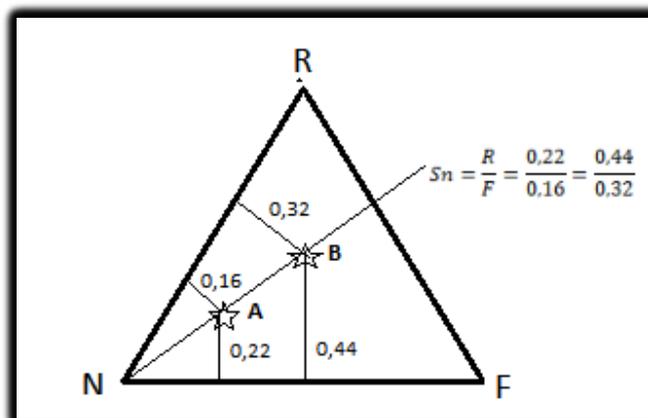
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Barrela *et al.* (2004).

4.7.2 Linhas de sensibilidade

Enquanto a variação de dois recursos permanece constante, a variação dos recursos associados ao vértice é representado por qualquer ponto (identificado por uma estrela) ao longo de uma linha que une os vértices do triângulo com um ponto em seu interior.

Verifica-se, assim que o sistema utilizado como exemplo na Figura 2, é mais pobre em N, sendo progressivamente melhor quando seguindo de A para B, porém, a proporção entre os recursos R e F permanece constante

Figura 2 – Linhas de sensibilidade



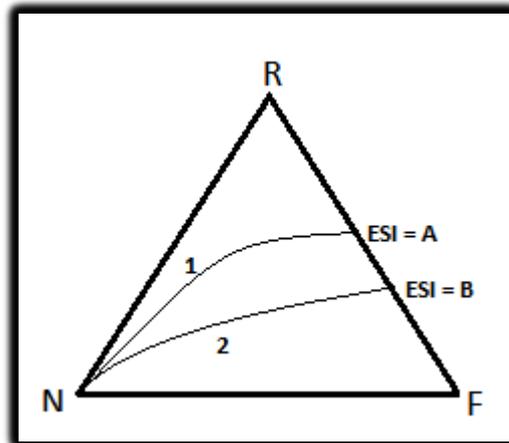
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Barrela *et al.* (2004).

4.7.3 Linhas de sustentabilidade

As linhas de sustentabilidade do diagrama ternário representam graficamente o índice de sustentabilidade dos processos produtivos analisados. Estas linhas partem do vértice N e dividem o diagrama em áreas de sustentabilidade, podendo-se a relação de sistemas com seus recursos R, N e F - base para a sustentabilidade, através do índice ESI.

Considerando-se seja usada uma mesma proporção de recursos renováveis (R%), o índice de sustentabilidade do sistema 1 é superior ao do sistema 2 (Ver Figura 3).

Figura 3 – Linhas de sustentabilidade



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Barrela *et al.* (2004).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

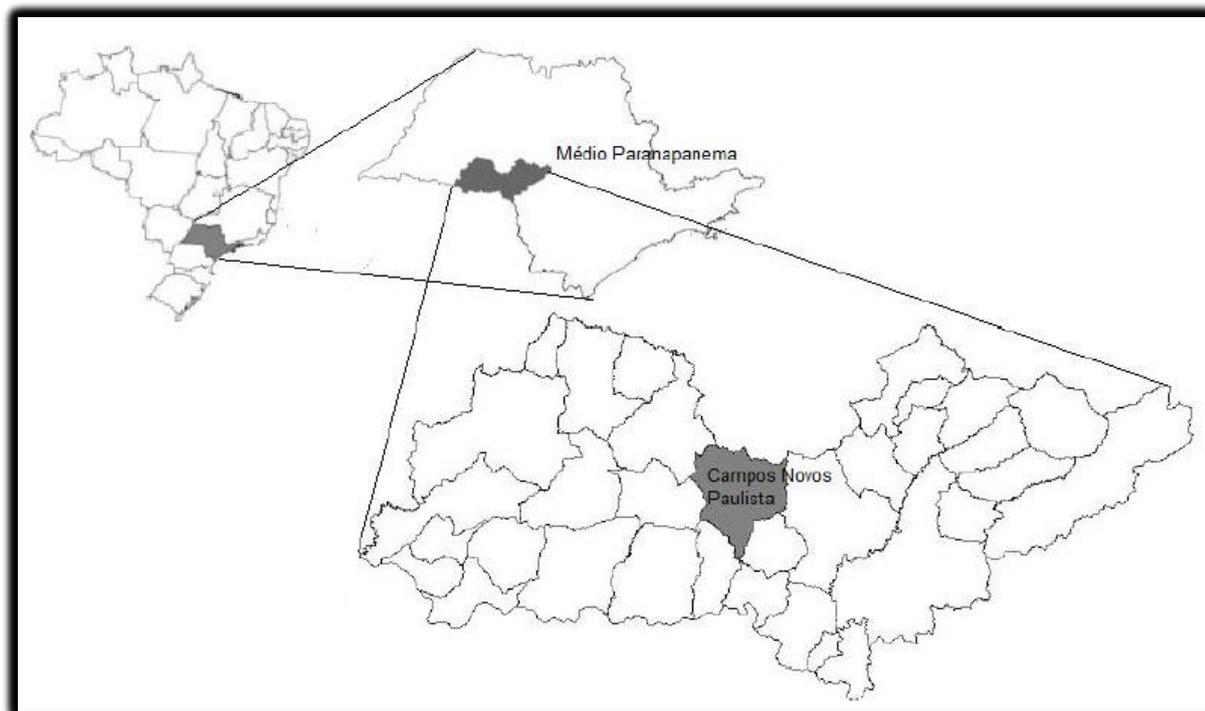
Este estudo foi realizado na região do Médio Paranapanema (Figura 4), a maior região produtora de mandioca para indústria do estado de São Paulo, responsável por 50% da produção de raiz paulista e por 70% da produção de fécula (APTA, 2017).

Esta região também foi escolhida por possuir uma produtividade acima da média nacional e paulista (12 e 25 toneladas, respectivamente), produzindo em média aproximadamente 28 toneladas por hectare (FURLANETO, KANTHACK e BONISSONI, 2017).

Segundo o Ministério Público do Estado de São Paulo (MPSP, 2019), a região do Médio Paranapanema é composta por 33 municípios listados a seguir: Agudos, Assis, Borá, Cabrália Paulista, Campos Novos Paulista, Cândido Mota, Canitar, Chavantes, Cruzália, Duartina, Echaporã, Espírito Santo do Turvo, Fernão, Florínia, Ibirarema, Gália, Lucianópolis, Lutécia, Maracaí, Oscar Bressane, Ourinhos, Palmital, Paraguaçu Paulista, Piratininga, Pedrinhas Paulista, Platina, Paulistânia, Ribeirão do Sul, Salto Grande, Santa Cruz do Rio Pardo, São Pedro do Turvo, Tarumã e Ubirajara.

Dentre estes municípios, Campos Novos Paulista foi escolhido como local para a realização dos trabalhos de campo, primeiramente, por possuir um grande número de produtores em relação a quantidade de estabelecimentos rurais do município, atualmente contando com 35 produtores de mandioca para 260 estabelecimentos rurais. (IBGE,2006)

Ademais, este local pode ser considerado o maior produtor atual da raiz, produzindo no ano de 2015 a quantidade de 87,5 mil toneladas (FAO, 2017).

Figura 4 – Identificação da região do Médio Paranapanema

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2019).

5.2 Metodologia

Para este estudo foi utilizada a análise emergética para a avaliação do grau de sustentabilidade da produção de mandioca, desde o plantio até sua colheita, permitindo, assim, avaliar o nível de utilização de recursos renováveis e não renováveis e financeiros nestes sistemas (ORTEGA, 2010).

A análise emergética foi baseada em instrumentos de coleta de dados que foram aplicados aos produtores de mandioca da região escolhida como área de pesquisa. De 260 produtores, para que se houvesse 95% de confiabilidade com uma margem de erro de 5%, seriam necessários a aplicação de 33 instrumentos de coleta de dados, porém, como existem 35 produtores de mandioca, optou-se por aplicar o instrumento de coleta de dados para todos eles, portanto, atingindo-se 100% de confiabilidade com uma margem de erro de 0%.

Nos instrumentos de coleta de dados foram verificadas informações sobre aspectos sociais, como, por exemplo, se é um estabelecimento rural de produção familiar, se pertence a associações de produtores rurais, número de trabalhadores, valor de venda da produção e se são pertencentes a cooperativas.

Foram verificadas também informações sobre a área total, área arrendada, área cultivada e se possui outro tipo de cultura e a área destinada a esta cultura, se existente.

O restante das informações colhidas nos instrumentos de coleta de dados, foram todas referentes a quantidade de implementos utilizados para o cultivo, como, quantidade de sementes (manivas), quantidade de calcário, fertilizantes, pesticidas, herbicidas, combustíveis, quantidade e utilização de maquinários e utilização de irrigação, portanto, todos os implementos utilizados por cada estabelecimento para preparação do solo, cultivo e colheita.

Neste instrumento de coleta de dados foram computados todos os valores dos recursos renováveis, recursos não renováveis e recursos financeiros (R, N e F) para cada sistema de produção/produtor e também foram utilizadas as tabelas de transformidade para que todos os fatores fossem expressos em uma mesma unidade.

Após a fase de coleta de dados, foram calculados e utilizados os indicadores emergéticos, como rendimento emergético (EYR), investimento emergético (EIR), carga ambiental (ELR) e os índices de sustentabilidade (ESI), que representados por meio de diagramas emergéticos triangulares ou ternários, que possibilita comparações e, enfim, a análise da sustentabilidade dos sistemas produtivos, respectivamente.

Todos os fluxos (R, N e F) foram convertidos em fluxos de energia, ou seja, considera-se toda a energia incorporada nos recursos que foram utilizados (ODUM, 1996).

Foi necessária também a utilização de dados disponíveis de outras pesquisas que estudaram os processos de transformação para a produção de cada recurso.

Para o cálculo da energia dos insumos e dos serviços aplicou-se a transformidade apropriada e em alguns casos realiza-se a conversão de unidades.

Para o cálculo de energia para os recursos naturais (renováveis e não renováveis) foi utilizado o manual de cálculo emergético, que apresenta exemplos de procedimentos utilizados para mensurar a contribuição das diferentes fontes e estoques de energia.

Para o cálculo de materiais e serviços utilizados na produção, foram utilizadas informações obtidas no Agrianual, no Instituto de Economia Agrícola (IEA), assim como dados de institutos de pesquisas e de empresas de extensão rural como a Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de São Paulo (CDRS-SP), esta última vinculada à Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP).

5.3 Análise de *clusters*

Devido à diversidade de variáveis atuantes no presente estudo, como por exemplo, tipos de produtores (familiares e não familiares), formas de produção (área plantada, quantidade colhida, maquinário, número de trabalhadores, etc.), foi necessária a utilização e identificação de *clusters*.

A técnica utilizada classifica objetos que se assemelham em um mesmo grupo, por meio da força de aproximação das variáveis dos indivíduos no grupo. Com a aplicação desta técnica pode-se observar se há homogeneidade em dado grupo. Desta forma, esta técnica classifica elementos dentro de um grupo, de forma ao agrupamento ser formado por elementos muito parecidos, e os elementos de grupos diferentes são heterogêneos. Como resultado, tem-se um grupo de indivíduos tão semelhantes entre si, que se diferenciam de um outro grupo.

De outro lado análise de *clusters* por meio de agrupamentos, é largamente utilizada em pesquisas. Esta técnica também propicia que sejam analisados um grande número de variáveis para a resolução de um problema.

A análise de *clusters* tem como objetivo verificar e identificar padrões e relações entre indicadores de desempenho. (CALLADO E SOARES,2014)

Esta técnica vem sendo utilizada em vários estudos nacionais e internacionais ligados ao agronegócio.

Segundo Hair (2005) esta técnica classifica seus objetos de forma a se obter grupos de objetos muito semelhantes, sempre levando em consideração algum critério de seleção.

Para Corrar *et al.* (2009) a análise de *clusters* descreve um conjunto de variáveis através da criação de um número menor de fatores ou dimensões.

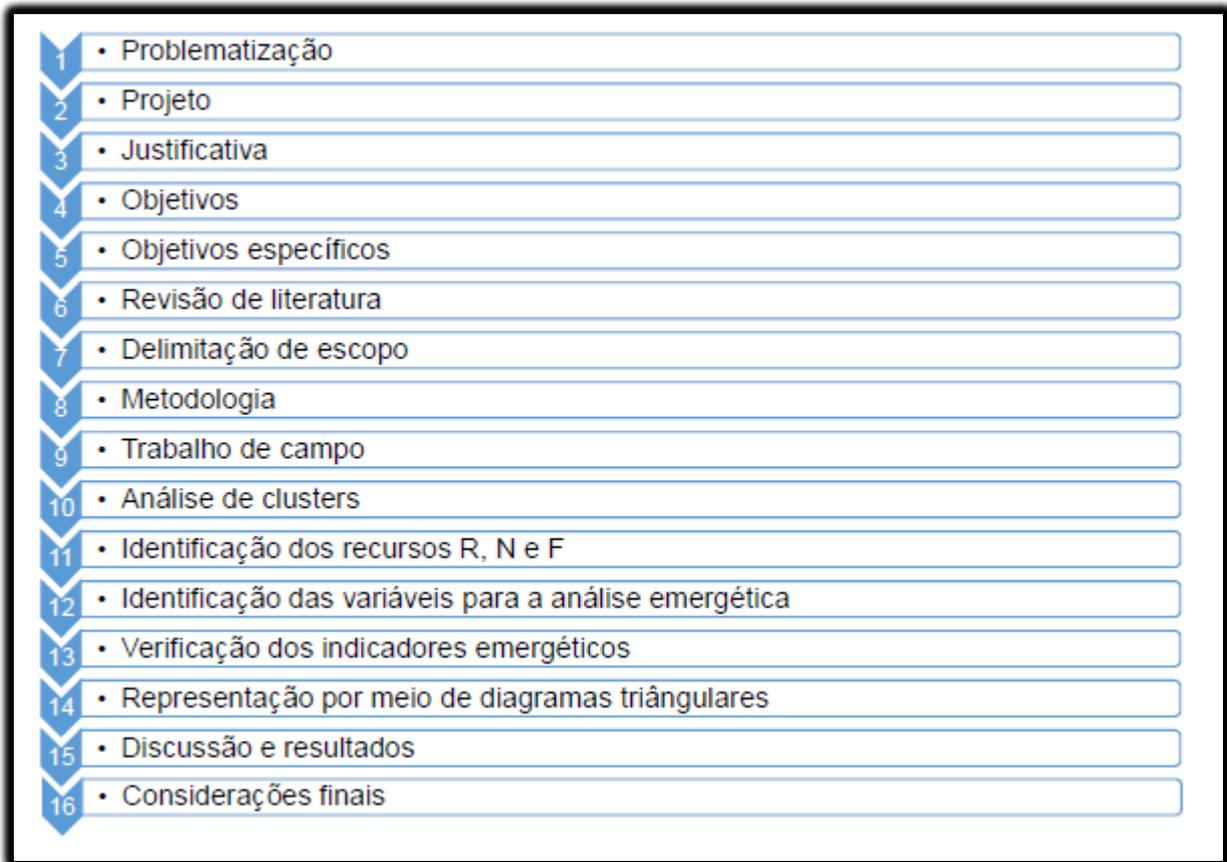
Agricultores alemães utilizaram esta técnica para que suas fazendas identificassem as falhas em suas estratégias frente aos mercados do mundo globalizado. (INDERHESS E THEUVSEN, 2009)

Peres Jr. *et al.* (2013) identificaram quais eram os padrões que caracterizavam a agricultura familiar em sua assimetria e elementos que as distinguiam, ou seja, verificaram a existência da diversidade dos sistemas produtivos.

Espera-se, que pela sua relevância e aplicabilidade a análise de *cluster* seja uma ferramenta muito importante para a resolução de problemas ou análises ligadas ao agronegócio, fazendo com que assim as tomadas de decisões obtenham maiores chances de acerto.

5.4 Etapas da pesquisa

Para a realização deste estudo foram realizadas as seguintes etapas:

Figura 5 – Etapas para a realização do estudo

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.5 Cálculo de energia

O cálculo emergético pode ser visto como uma extensão da contabilidade econômica tradicional, onde, contabilizam-se todas as entradas e saídas de recursos renováveis, não renováveis e financeiros.

Ademais, todos os bens e serviços utilizados, tanto da economia como os da natureza, além de todos os produtos e resíduos que foram produzidos são considerados, portanto, para fins da realização do cálculo propiciado por uma planilha com todas as informações coletadas nos instrumentos de coleta de dados, para que todos os fluxos econômicos, ambientais e energéticos sejam computados.

Desta forma, tendo por base uma planilha de cálculo econômico tradicional, deve-se ainda agregar as contribuições da natureza para que os serviços ambientais e, as perdas e ganhos nos estoques internos do sistema sejam computados. Assim,

pode-se mensurar tanto a eficiência do sistema quanto as despesas que o sistema em estudo acarreta em outros sistemas, ou seja, as externalidades negativas, como, tratamentos médicos de trabalhadores e seus familiares, tratamento de efluentes, exclusão social devido a mecanização, e a migração destes trabalhadores para a cidade, dentre outras, que são pagas pela sociedade e não pelas empresas que as geram.

Para a realização dos cálculos deste estudo, todos valores dos fluxos (renováveis, não renováveis e financeiros) foram baseados na metodologia apresentada no manual de cálculo emergético da UNICAMP. Alguns destes valores serão considerados fixos por se tratarem das contribuições ambientais do sistema externo (radiação solar, chuva, etc.) bem como mudanças dos estoques internos (solo, biodiversidade, etc.), pois, o estudo foi realizado em uma única área (região), portanto, se considerou não haver variação destes valores.

Para o cálculo dos insumos materiais (sementes, herbicidas, maquinário, etc.) e serviços econômicos (mão de obra, transporte, etc.), foram consideradas as características de cada estabelecimento rural participante deste estudo.

Para a notação utilizada para potenciação foi utilizada a letra — “E” no lugar de “x10”, sendo que o expoente está em letra normal e não sobrescrito, conforme apresentado no exemplo abaixo:

1,65 E13 ao invés de $1,65 * 10^{13}$

A seguir são apresentados algumas formas e exemplos de cálculos.

5.5.1 Energia solar

Baseado nos estudos apresentados por Costa (2011) o valor energético de irradiação solar para o Estado de São Paulo é de 3,02E10 (J/ha*ano).

Como o valor da transformidade apresentada na tabela de transformidades do sol é igual a 1, tem-se que o fluxo emergético do sol é de **3,02E10 (seJ/ha/ano)**

5.5.2 Precipitação

Em Campos Novos Paulista, o clima é quente e subtropical, o que ocasiona estações do ano bem marcadas e chuvas bem distribuídas.

Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade. A temperatura média anual é 21.1 °C. Pluviosidade média anual de 1191 mm (CLIMATE DATA, 2018).

Desta forma, o valor a ser considerado é o de 1200 mm³ de chuva por metro quadrado por ano na região em estudo.

Segundo o manual de cálculo emergético (Unicamp, 2002), realiza-se primeiramente a conversão para a unidade de área (m³/ha/ano), tem-se:

$$1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$$

Deve-se também converter para unidade de massa (kg/ha/ano), tem-se:

Densidade da água – 1 m³ corresponde a 1 E3 kg – 1000 kg

Finalmente deveremos converter para unidades de energia (joule/ha/ano), e assim tem-se:

$$\text{Energia livre de Gibbs da água} - 5 \text{ E}3 \text{ J} - 5000 \text{ J}$$

A energia da água depende de sua capacidade de solubilizar sólidos que serão absorvidos pelas plantas. A energia livre de Gibbs mede este potencial de trabalho ecossistêmico. Portanto, tem-se:

$$1000 \text{ (m}^3\text{/ha)} * 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 5000 \text{ (J/kg)} = 5 \text{ E}10 \text{ (J*m}^2\text{ / ha*m}^3\text{)} - \textbf{Fator de conversão.}$$

E então pode-se multiplicar o valor da precipitação pelo fator de conversão obtido anteriormente:

$$1,2 \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{*ano)} * 5 \text{ E}10 \text{ (J*m}^2\text{ / ha*m}^3\text{)} = 6 \text{ E}10 \text{ (J/ ha*ano)} - \textbf{Fluxo de energia}$$

Após a obtenção do fluxo de energia, é necessário realizar a conversão para o fluxo de emergência, utilizando o valor da transformidade correspondente ao potencial químico da água, que tem o valor de 1,82 E4 seJ/J (Tabela de transformidades - Unicamp, 1998).

Após a finalização de todas as operações apresentadas acima, tem-se:

$6 \text{ E}10 \text{ (J/ ha*ano)} * 1,82 \text{ E}4 \text{ (seJ/J)}$

Portanto, o fluxo de energia da chuva será:

$1,09 \text{ E}15 \text{ (seJ/ha/ano)}$

Considerando-se que a conversão de energia em dólares para o Brasil em 2018 foi de aproximadamente $3,22 \text{ E}12 \text{ (seJ/US\$)}$ (EMERGY SOCIETY DATABASE, 2018), tem-se:

Fluxo monetário equivalente da chuva - $10,92 \text{ E}14 \text{ (seJ/ha/ano)} / 3,22 \text{ E}12 \text{ (seJ/US\$)}$

Fluxo monetário equivalente da chuva – 339,13 US\$ emergéticos/ha/ano

5.5.3 Perda do solo

Para o cálculo das perdas do solo são utilizadas as tabelas que contém a quantidade de matéria orgânica do solo e a de perda do solo agrícola (taxa de erosão). Ambas tabelas foram obtidas do manual de cálculo emergético.

A maior perda de nutrientes é ocasionada pela erosão devido as chuvas e aos ventos, e estas perdas são maiores que as perdas devido ao consumo dos nutrientes pelas culturas.

As taxas de perdas dependem do tipo da terra, declividade, do regime de água, tipo de culturas e aos procedimentos agrícolas.

As terras podem se tornar inférteis caso recebam tratamentos inadequados, causando assim a perda de produtividade e neste caso será necessário à sua recuperação para que a sua utilização para a agricultura seja possível novamente.

Quadro 3 – Quantidade de matéria orgânica

Matéria orgânica do solo	
Tipo de Solo	Porcentagem de matéria orgânica
Solo com muito húmus	5%
Solo agrícola fértil	3 - 4%
Solo de regiões semi- áridas	1 - 2%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Manual de cálculo emergético (2002).

Quadro 4 – Perda do solo agrícola

Perda de solo agrícola	
Cobertura ou uso do solo	Perda anual (ton/ha)
Pastagens	0,4
Floresta natural	-0,1
Cerrado natural	-0,4
Plantação florestal	10 a 15
Árvores frutíferas	-0,9
Legumes e hortaliças	5 a 15
Milho, cana-de-açúcar	10 a 40
Arroz, batata	25
Feijão, mandioca	35

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Manual de cálculo emergético (2002).

Como este estudo trata da cultura de mandioca, a perda anual de solo agrícola é de 35 (ton/ha/ano). Esta região possui um solo agrícola fértil, desta forma, sendo considerado para este estudo uma porcentagem de matéria orgânica de 4%.

Como o valor da perda é dada em massa (kg de solo/ha/ano) deve-se converter em energia em joules, realizando o seguinte cálculo:

$35000 \text{ (kg de solo/ha*ano)} * 0,04 \text{ (matéria orgânica/kg de solo)} * 5400 \text{ (kcal/kg de matéria orgânica)} = \mathbf{7,56 E6 \text{ (kcal/ha*ano)}}$

O valor acima deve ser multiplicado pelo valor de conversão de 4186 joule / kcal.

Portanto, o valor energético calórico da matéria orgânica seca do solo será:

$7,56 E6 \text{ (kcal/ha*ano)} * 4186 = 3,16 E10 \text{ (kcal/ha*ano)}$

Após a obtenção deste valor para a obtenção do fluxo de energia deve-se utilizar a tabela de transformidade que para o caso da perda do solo é de 7,375 E4, portanto:

$$\text{Fluxo de energia} = 3,16 \text{ E}10 * 7,375 \text{ E}4$$

$$\text{Fluxo de energia} = 2,34 \text{ E}15 \text{ (seJ/ha/ano)}$$

$$\text{Fluxo monetário equivalente da perda do solo } 2,34 \text{ E}15 \text{ (seJ/ha/ano)} / 3,22 \text{ E}12 \text{ (seJ/US\$)}$$

Fluxo monetário equivalente da perda do solo 724,815 US\$ emergéticos/ha/ano

5.5.4 Biodiversidade

Por meio do manual de cálculo energético e a tabela de transformidade é possível calcular a recuperação, equilíbrio ou perda de reservas da biodiversidade.

Desta forma se estima quanto houve redução ou o aumento na quantidade de biomassa produzida.

Considera-se normalmente o valor de 60% como a umidade média da biomassa.

Segundo o manual de cálculo energético, o valor de biomassa produzida para a agricultura comercial é de 12990 (kJ/m²/ano), ou seja, 1,29 E 7 (J/m²/ano).

Conforme apresentado na tabela de transformidade (EMERGY SOCIETY DATABASE, 2018), o valor para a biomassa é de 4,47E4.

Portanto, para o fluxo de energia da biodiversidade deve-se realizar o seguinte cálculo:

$$\text{Valor da energético da biodiversidade} * 60\% * \text{transformidade}$$

$$1,29\text{E}7 * 0,60 * 4,47\text{E}4$$

$$\text{Valor do fluxo energético para a biodiversidade} = 3,459\text{E}+11 \text{ (seJ/ha/ano)}$$

O fluxo monetário equivalente da biodiversidade será:

$$3,459\text{E}+11 \text{ (seJ/ha/ano)} / 3,22 \text{ E}12 \text{ (seJ/US\$)}$$

Fluxo monetário equivalente da biodiversidade 0,107 US\$ emergéticos/ha/ano

5.5.5 Sementes e mudas

Para o caso em estudo é necessário a utilização de ramas, e conforme descrito no manual de cálculo emergético, não existem valores tabelados, desta forma, deve-se utilizar como base para o cálculo o valor monetário, portanto, multiplica-se a quantidade de ramas utilizadas (em kg), pelo seu peso, pelo preço unitário e pela transformidade da moeda, neste caso tem-se:

$$\text{Quantidade de ramas (kg/ha/ano)} * \text{preço (US$/kg)} * 3,22 \text{ E12 (seJ/US\$)}$$

Este valor está diretamente ligado aos valores apresentados nos instrumentos de coleta de dados (questionários), portanto, cada instrumento apresenta valores e quantidades diferentes, variando conforme as técnicas utilizadas por cada produtor.

5.5.6 Calcário, Fertilizantes, Pesticidas e herbicidas

Para o cálculo do fluxo emergético dos insumos como calcário, fertilizantes, pesticidas e herbicidas, deve-se multiplicar a quantidade de cada elemento em kg/ha/ano ou L/ha/ano pelo valor de sua transformidade apresentada na tabela de transformidade.

Estes valores estão diretamente ligados aos valores apresentados nos instrumentos de coleta de dados (questionários), portanto, cada instrumento apresenta valores e quantidades diferentes, variando conforme as técnicas utilizadas por cada produtor.

5.5.7 Combustível

Para o cálculo do fluxo emergético dos combustíveis, deve-se multiplicar a quantidade de combustível utilizada em L/ha/ano pelo valor de sua transformidade apresentada na tabela de transformidade.

Este valor está diretamente ligado aos valores apresentados nos instrumentos de coleta de dados (questionários), portanto, cada instrumento apresenta valores e quantidades diferentes, variando conforme as técnicas utilizadas por cada produtor.

5.5.8 Maquinários

Para o cálculo do fluxo emergético de maquinários a quantidade em peso (kg) de aço utilizado na área de cultivo. Para este cálculo deve-se considerar também a depreciação.

Por exemplo, se um trator com 3000 kg de aço é utilizado para o cultivo de uma área de 100 ha, e possui um tempo de depreciação de 10 anos, deveremos realizar o cálculo da seguinte forma:

$$3000 \text{ kg} / (100 \text{ ha} * 10 \text{ anos}) = 3 \text{ (kg de aço / ha * ano)}$$

Desta forma para a obtenção do fluxo emergético, deve-se multiplicar a quantidade de aço pela sua tranformidade (67 E 11 seJ/kg).

Para o exemplo acima tem-se:

$$3 \text{ (kg de aço / ha * ano)} * 67 \text{ E } 11 \text{ (seJ/kg)} = 2,01 \text{ E } 13 \text{ (seJ/ha/ano)}$$

Este valor está diretamente ligado aos valores apresentados nos instrumentos de coleta de dados (questionários), portanto, cada instrumento apresenta valores e quantidades diferentes, variando conforme as técnicas utilizadas por cada produtor.

5.5.9 Mão de obra

Para o cálculo emergético da mão de obra deve-se levar em consideração a média salarial e a taxa média do cambio, ou seja, real X dólar.

Considerando-se a mão de obra utilizada na cultura da mandioca, como mão de obra simples, tem-se que a média salarial em 2017 foi de R\$1116,38 (IEA, 2018). Ainda em consideração a mão de obra, tem-se que a energia despendida por um trabalhador é de 48,89 E8 (Manual de cálculo emergético, 2002).

Já para o dólar tem-se um valor médio de R\$3,20 para a no de 2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

A energia do salário anual deve ser calculada da seguinte forma:

$$1116,38 \text{ (reais/seJ*ano)} * 13 \text{ meses} * 3,22 \text{ E12 (seJ/US\$)} / \text{R\$3,2}$$

Portanto, a energia do salário do trabalho simples considerado neste estudo será:

$$\text{Energia do salário} = 1,46\text{E16}$$

Com este valor pode-se calcular a transformidade que será considerada para o trabalho, que conforme o Manual de cálculo emergético, será a energia do salário dividida pela energia despendida para a realização do trabalho:

$$\text{Transformidade do trabalho} = \text{energia do salário} / \text{energia despendida}$$

$$\text{Transformidade do trabalho} = 1,46\text{E16} / 48,89 \text{ E8} = \mathbf{2,99 \text{ E6 (seJ/J)}}$$

Desta forma, tem-se a transformidade do trabalho a energia do salário anual dividida pela energia despendida pelo trabalhador (Manual de cálculo emergético, 2002), portanto.

Este valor está diretamente ligado aos valores apresentados nos instrumentos de coleta de dados (questionários), portanto, cada instrumento apresenta valores e quantidades diferentes, variando conforme as técnicas utilizadas por cada produtor.

5.5.10 Produtos

Para a realização do cálculo emergético deve-se levar em consideração todos os produtos gerados pelo sistema. Além dos produtos, deve-se considerar também os subprodutos gerados, tendo estes subprodutos valores comerciais ou não.

Considera-se também todo e qualquer tipo de resíduo gerado que podem dependendo do caso gerar despesas ou lucro.

Para este estudo o produto gerado é a mandioca e foi utilizada a transformidade de $1,62 \text{ E11}$ (EMERGY SOCIETY DATABASE, 2018).

Desta forma, o fluxo emergético da mandioca será calculado conforme a sua produtividade em (kg/ha/ano) multiplicado pela sua transformidade.

5.6 Tabela de cálculo emergético

Para a realização do cálculo emergético, utiliza-se normalmente uma tabela, onde são inseridos os valores dos fluxos referentes a cada recurso R, N e F, além das suas transformidades obtendo-se por fim o fluxo emergético resultante de cada componente.

Um exemplo da sistemática de cálculo é apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Tabela para cálculo do fluxo de energia

1	2	3	4	5
Item	Valor numerico	Unidade	Transformidade	Fluxo de energia
X	1,00	(kg/ha/ano)	Transformidade	Col 2 X Col 4
Y	2,00	(USD/ha/ano)	Transformidade	Col 2 X Col 4
Z	3,00	(L/ha/ano)	Transformidade	Col 2 X Col 4
n	n	(un/área/ano)	Transformidade	Col 2 X Col 4
Fluxo emergético total				Soma Col 5

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Ortega (2011).

Onde:

Coluna 1: Nome do item (recurso utilizado);

Coluna 2: Valor numérico – Quantidade do recurso utilizado;

Coluna 3: Unidades (Kg/ha/ano), (USD/ha/ano), (litros/ha/ano), etc.;

Coluna 4: Valor da transformidade que pode ser obtida de estudos existentes ou calculada;

Coluna 5: Energia total por item, ou seja, o produto da coluna 2 vezes a coluna 4.

Col 2: Conteúdo coluna 2

Col 4: Conteúdo coluna 4

Cabe ressaltar que para o cálculo, quase todos os recursos renováveis e não renováveis, possuem dois valores a serem calculados, ou seja, o seu valor como produto e seu valor financeiro. Por exemplo, a energia do trabalho de um funcionário, será calculada pela realização do trabalho em si, que é um recurso renovável (energia do trabalho) e também pelo valor financeiro pago para a realização deste trabalho (salário), que é um recurso financeiro. Ou por exemplo, a utilização de calcário será calculada como a quantidade de calcário (recurso não renovável), mas também pela sua parcela financeira, ou seja, o valor pago por este recurso.

Este raciocínio pode ser melhor vislumbrado a partir do cálculo apresentado na Tabela 2:

Tabela 2 – Tabela para cálculo do fluxo de energia - Exemplo

1	2	3	4	5
Item	Valor numerico	Unidade	Transformidade	Fluxo de energia
Trabalhadores (R)	2,00	(Trab/ano)	1,10E+12	2,20E+12
Trabalhadores (F)	2,00	(USD/ano)	3,22E+12	-6,44E+12
Calcário (N)	100,00	(Kg/ano)	1,00E+12	-1,00E+14
Calcário (F)	10,00	(USD/ano)	3,22E+12	-3,22E+13
Fluxo emergético total				-1,36E+14

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Ortega (2011).

Portanto, para fins de cálculo do fluxo emergético total, consideram-se os valores dos fluxos de recursos não renováveis e financeiros (N e F), como negativos, e os valores dos recursos renováveis (R) como positivos.

Portanto, o balanço emergético será negativo caso sejam utilizadas quantidades de recursos não renováveis e financeiros (N e F), em quantidade maiores que a de recursos renováveis (R).

Para este estudo, os recursos R, N e F pesquisados por meio dos instrumentos de coleta de dados encontram-se relacionados no Quadro 5:

Quadro 5 – Definição e divisão de recursos R, N e F

Recurso R, N ou F	Item
R	Número de trabalhadores
F	Número de trabalhadores
F	Arrendamento (Pagamento) (R\$/ha/ano)
R	Manivas (ton/ha/ano)
N	Calcário (kg/ha/ano)
F	Calcário (kg/ha/ano)
N	Fosfatos de diversos tipos (kg/ha/ano)
F	Fosfatos de diversos tipos (kg/ha/ano)
N	Nitratos e amônia (kg/ha/ano)
F	Nitratos e amônia (kg/ha/ano)
N	Sais de Potássio (kg/ha/ano)
F	Sais de Potássio (kg/ha/ano)
N	Misturas com diversas razões de N, P (kg/ha/ano)
F	Misturas com diversas razões de N, P (kg/ha/ano)
R	Esterco (kg/ha/ano)
F	Esterco (kg/ha/ano)
R	Adubo verde (kg/ha/ano)
F	Adubo verde (kg/ha/ano)
N	Pesticidas (l/ha/ano)
F	Pesticidas (l/ha/ano)
N	Herbicidas (l/ha/ano)
F	Herbicidas (l/ha/ano)
N	Combustível (l/ha/ano)
F	Combustível (l/ha/ano)
N	Maquinários (maquinaria de aço e veículos)
N	Caminhões (Kg/ano)
N	Tratores (Kg/ano)

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível ainda, na sequência, que todo o cálculo emergético seja apresentado de forma financeira por meio de *emDolares* (dólares emergéticos) e assim verificando-se se sob o ponto de vista do cálculo emergético se o processo produtivo foi emergeticamente rentável.

Para este caso, basta-se dividir o fluxo emergético pela transformidade do dólar, que dólares para o Brasil em 2018 foi de aproximadamente 3,22 E12 (seJ/US\$) (EMERGY SOCIETY DATABASE, 2018). Para os valores emergéticos de

recursos financeiros não existe a necessidade desta divisão, pois, estes valores já se encontram convertidos em *emDolares*.

Portanto, a partir do exemplo demonstrado na Tabela 2, porém acrescentando a coluna de valores em *emDolares*, obtém-se a Tabela 3:

Tabela 3 – Tabela para cálculo de emDólares - Exemplo

1	2	3	4	5	6
Item	Valor numerico	Unidade	Transformidade	Fluxo de energia	emDolares
Trabalhadores (R)	2,00	(Trab/ano)	1,10E+12	2,20E+12	6,83E-01
Trabalhadores (F)	2,00	(USD/ano)	3,22E+12	-6,44E+12	-6,44E+12
Calcário (N)	100,00	(Kg/ano)	1,00E+12	-1,00E+14	-3,11E+01
Calcário (F)	10,00	(USD/ano)	3,22E+12	-3,22E+13	-3,22E+13
Fluxo emergético total				-1,36E+14	-4,24E+01

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Ortega (2011).

Portanto, no exemplo apresentado na tabela acima, obteve-se um custo emergético de USD 42,40 (dólares).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Análise descritiva

A partir da sistematização dos dados obtidos por meio dos 35 instrumentos de coleta de dados, foi constatado que os estabelecimentos rurais possuem em média uma área total de 411,44 ha, tendo, o menor estabelecimento, 19,36 hectares, e o maior estabelecimento, 2323 hectares. Devido à diferença acentuada de tamanho das áreas.

Para este estudo, dividiu-se estas áreas em faixas por tamanho, sendo, 5 estabelecimentos menores que 50 ha; 7, entre 50 e 100 ha; 5, entre 100 e 200 ha; 10, entre 200 e 500 ha; e 8, acima de 500 ha.

A maioria destes estabelecimentos rurais (77,15%), arrenda terras para a produção de mandioca, 77,14% dos produtores rurais participam de associações de produtores rurais; 62,85% dos produtores fazem parte de cooperativas e, 80% dos entrevistados se autodeclararam produtores familiares.

Conforme apresentado pelo Ministério da Agricultura, A Lei 11.326 de julho de 2006 define as diretrizes para formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e os critérios para identificação desse público.

Para os efeitos desta Lei, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

- Não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- Utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- Tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; (Revogado);
- Tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma

definida pelo Poder Executivo; (Redação dada pela Lei nº 12.512, de 2011);

- Dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

Em média, são produzidas 26,20 toneladas por ha por ano, o que corrobora com estudos realizados que apresentam uma média de 28 toneladas por hectare. Tem-se uma área média de cultivo de 158,23 hectares, porém, para uma melhor classificação, dividiu-se estes estabelecimentos por faixas, sendo que 11 estabelecimentos cultivam em menos de 20 ha; 7, entre 21 e 50 ha; 2, entre 51 e 100 ha; 4, entre 101 e 200 ha; 9, entre 201 e 500; e 2 com áreas maiores que 500 hectares.

Esta produção é vendida em média por R\$433,97 a tonelada, porém, com um valor mínimo de R\$250,00 /ton, podendo atingir a um valor máximo de R\$800,00 por tonelada.

Em média existem 4,86 trabalhadores por estabelecimento, porém, existem estabelecimentos de cultivo não familiar que possuem 25 funcionários

Em relação a utilização de insumos agrícolas, a maioria destes estabelecimentos (88,57%) utilizam calcário, poucos utilizam esterco (25,71%), utilizam também em média 0,85 litros de pesticidas por hectare por ano e 3,97 litros de herbicidas.

Em quase sua integralidade (97,14%) dos estabelecimentos utilizam maquinários como tratores, caminhões e afoadores, consumindo em média 70,18 litros de combustível por hectare por ano. Nenhum deles utiliza irrigação e grande parte dos estabelecimentos rurais produzem outras culturas, principalmente o binômio das culturas de milho e soja.

A partir das informações relacionadas (R, N e F) do sistema estudado, se apresenta o Quadro 6 - Quadro Geral de Recursos e Índices. Este quadro apresenta todos os recursos R, N e F, além dos índices Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Carga ambiental – Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (ESI) e Renovabilidade (%R), dos 35 os estabelecimentos rurais participantes deste estudo, que passarão a ser analisados por *clusters*, respectivamente (Quadro 7).

Quadro 6 – Caracterização geral de recursos e índices

Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
1	1,94104E+16	7,42316E+16	1,64848E+17	2,5849E+17	1,57	1,76	12,32	0,13	7,51
2	6,16818E+16	1,94622E+16	2,50445E+16	1,06188E+17	4,24	0,31	0,72	5,88	58,09
3	7,28639E+16	2,3568E+17	2,31786E+17	5,40329E+17	2,33	0,75	6,42	0,36	13,49
4	2,50594E+17	8,75321E+17	4,94482E+17	1,6204E+18	3,28	0,44	5,47	0,6	15,46
5	4,86068E+15	1,38075E+15	7,22237E+15	1,34638E+16	1,86	1,16	1,77	1,05	36,10
6	1,13372E+16	3,91207E+16	1,89708E+16	6,94287E+16	3,66	0,38	5,12	0,71	16,33
7	9,52847E+16	2,40407E+17	1,08256E+17	4,43947E+17	4,1	0,32	3,66	1,12	21,46
8	4,85771E+16	1,45608E+17	6,50134E+16	2,59198E+17	3,99	0,33	4,34	0,92	18,74
9	3,23935E+15	4,15973E+15	3,48696E+14	7,74778E+15	22,22	0,05	1,39	15,96	41,81
10	4,00238E+16	3,55089E+16	6,36775E+16	1,3921E+17	2,19	0,84	2,48	0,88	28,75
11	2,58966E+15	7,05526E+15	1,11593E+16	1,07609E+16	9,64	0,12	3,16	3,06	24,07
12	3,23858E+16	8,10295E+16	6,53429E+16	1,78758E+17	2,74	0,58	4,52	0,61	18,12
13	7,03175E+17	3,17968E+17	3,04223E+17	1,32537E+18	4,36	0,3	0,88	4,92	53,06
14	1,78107E+17	4,20004E+17	2,60003E+17	8,58115E+17	3,3	0,43	3,82	0,86	20,76
15	5,18512E+18	7,80771E+17	8,8925E+17	6,85514E+18	7,71	0,15	0,32	23,93	75,64
16	2,58779E+16	7,63335E+16	1,61867E+17	2,64078E+17	1,63	1,58	9,2	0,18	9,80
17	1,16469E+16	7,31085E+15	5,27356E+16	7,16933E+16	1,36	2,78	5,16	0,26	16,25
18	2,43199E+15	2,36206E+16	3,40579E+15	2,94584E+16	8,65	0,13	11,11	0,78	8,26
19	1,94082E+16	5,16558E+16	9,18222E+16	1,62886E+17	1,77	1,29	7,39	0,24	11,92
20	4,21058E+17	1,10161E+18	9,31798E+17	2,45446E+18	2,63	0,61	4,83	0,55	17,15
21	2,61005E+18	1,13316E+18	1,06815E+18	4,81136E+18	4,5	0,29	0,84	5,34	54,25
22	9,72479E+15	1,80833E+16	2,81569E+16	5,5965E+16	1,99	1,01	4,75	0,42	17,38
23	2,31385E+17	5,28852E+16	1,46283E+17	4,30554E+17	2,94	0,51	0,86	3,42	53,74
24	2,94592E+17	4,50357E+17	2,50473E+17	9,95422E+17	3,97	0,34	2,38	1,67	29,59
25	2,33343E+17	8,00756E+17	5,21647E+17	1,55575E+18	2,98	0,5	5,67	0,53	15,00
26	7,96717E+18	1,82649E+18	3,68698E+18	1,34806E+19	3,66	0,38	0,69	5,28	59,10
27	1,61916E+17	5,56937E+17	3,03228E+17	1,02208E+18	3,37	0,42	5,31	0,63	15,84
28	8,70659E+15	3,50064E+16	5,69821E+15	4,94112E+16	8,67	0,13	4,68	1,85	17,62
29	3,23858E+16	1,19055E+17	1,4014E+17	2,9158E+17	2,08	0,93	8	0,26	11,11
30	1,21537E+17	1,88103E+17	2,61059E+17	5,70699E+17	2,19	0,84	3,7	0,59	21,30
31	3,88164E+16	1,502E+17	2,74794E+17	4,6381E+17	1,69	1,45	10,95	0,15	8,37
32	3,40339E+15	2,46302E+15	4,91209E+16	5,49873E+16	1,12	8,37	15,16	0,07	6,19
33	9,88145E+16	4,61789E+16	2,05413E+16	1,65535E+17	8,06	0,14	0,68	11,94	59,69
34	3,99137E+17	1,1865E+17	7,44481E+16	5,92236E+17	7,96	0,14	0,48	16,44	67,39
35	2,10528E+17	7,66638E+17	4,59123E+17	1,43629E+18	3,13	0,47	5,82	0,54	14,66

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 7 – Caracterização geral de recursos e índices divididos por *clusters*

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 1	1	1,94104E+16	7,42316E+16	1,64848E+17	2,5849E+17	1,57	1,76	12,32	0,13	7,51
	2	6,16818E+16	1,94622E+16	2,50445E+16	1,06188E+17	4,24	0,31	0,72	5,88	58,09
	3	7,28639E+16	2,3568E+17	2,31786E+17	5,40329E+17	2,33	0,75	6,42	0,36	13,49
	5	4,86068E+15	1,38075E+15	7,22237E+15	1,34638E+16	1,86	1,16	1,77	1,05	36,10
	16	2,58779E+16	7,63335E+16	1,61867E+17	2,64078E+17	1,63	1,58	9,2	0,18	9,80
	22	9,72479E+15	1,80833E+16	2,81569E+16	5,5965E+16	1,99	1,01	4,75	0,42	17,38
Cluster 2	31	3,88164E+16	1,502E+17	2,74794E+17	4,6381E+17	1,69	1,45	10,95	0,15	8,37
	13	7,03175E+17	3,17968E+17	3,04223E+17	1,32537E+18	4,36	0,3	0,88	4,92	53,06
Cluster 3	32	3,40339E+15	2,46302E+15	4,91209E+16	5,49873E+16	1,12	8,37	15,16	0,07	6,19
	8	4,85771E+16	1,45608E+17	6,50134E+16	2,59198E+17	3,99	0,33	4,34	0,92	18,74
	10	4,00238E+16	3,55089E+16	6,36775E+16	1,3921E+17	2,19	0,84	2,48	0,88	28,75
	12	3,23858E+16	8,10295E+16	6,53429E+16	1,78758E+17	2,74	0,58	4,52	0,61	18,12
	17	1,16469E+16	7,31085E+15	5,27356E+16	7,16933E+16	1,36	2,78	5,16	0,26	16,25
	19	1,94082E+16	5,16558E+16	9,18222E+16	1,62886E+17	1,77	1,29	7,39	0,24	11,92
	23	2,31385E+17	5,28852E+16	1,46283E+17	4,30554E+17	2,94	0,51	0,86	3,42	53,74
	27	1,61916E+17	5,56937E+17	3,03228E+17	1,02208E+18	3,37	0,42	5,31	0,63	15,84
Cluster 4	30	1,21537E+17	1,88103E+17	2,61059E+17	5,70699E+17	2,19	0,84	3,7	0,59	21,30
	20	4,21058E+17	1,10161E+18	9,31798E+17	2,45446E+18	2,63	0,61	4,83	0,55	17,15
	26	7,96717E+18	1,82649E+18	3,68698E+18	1,34806E+19	3,66	0,38	0,69	5,28	59,10
	29	3,23858E+16	1,19055E+17	1,4014E+17	2,9158E+17	2,08	0,93	8	0,26	11,11
	33	9,88145E+16	4,61789E+16	2,05413E+16	1,65535E+17	8,06	0,14	0,68	11,94	59,69
	34	3,99137E+17	1,1865E+17	7,44481E+16	5,92236E+17	7,96	0,14	0,48	16,44	67,39
Cluster 5	35	2,10528E+17	7,66638E+17	4,59123E+17	1,43629E+18	3,13	0,47	5,82	0,54	14,66
	14	1,78107E+17	4,20004E+17	2,60003E+17	8,58115E+17	3,3	0,43	3,82	0,86	20,76
	24	2,94592E+17	4,50357E+17	2,50473E+17	9,95422E+17	3,97	0,34	2,38	1,67	29,59
Cluster 6	25	2,33343E+17	8,00756E+17	5,21647E+17	1,55575E+18	2,98	0,5	5,67	0,53	15,00
	6	1,13372E+16	3,91207E+16	1,89708E+16	6,94287E+16	3,66	0,38	5,12	0,71	16,33
	7	9,52847E+16	2,40407E+17	1,08256E+17	4,43947E+17	4,1	0,32	3,66	1,12	21,46
	11	2,58966E+15	7,05526E+15	1,11593E+15	1,07609E+16	9,64	0,12	3,16	3,06	24,07
	18	2,43199E+15	2,36206E+16	3,40579E+15	2,94584E+16	8,65	0,13	11,11	0,78	8,26
Cluster 7	28	8,70659E+15	3,50064E+16	5,69821E+15	4,94112E+16	8,67	0,13	4,68	1,85	17,62
	9	3,23935E+15	4,15973E+15	3,48696E+14	7,74778E+15	22,22	0,05	1,39	15,96	41,81
Cluster 8	4	2,50594E+17	8,75321E+17	4,94482E+17	1,6204E+18	3,28	0,44	5,47	0,6	15,46
Cluster 9	15	5,18512E+18	7,80771E+17	8,8925E+17	6,85514E+18	7,71	0,15	0,32	23,93	75,64
	21	2,61005E+18	1,13316E+18	1,06815E+18	4,81136E+18	4,5	0,29	0,84	5,34	54,25

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 Caracterização de *clusters*

Por meio da utilização e identificação de *clusters*, é possível dividir/classificar grupos de estabelecimentos rurais, utilizando-se critérios de seleção, como por exemplo, área plantada e produzida, utilização de maquinários, número de trabalhadores, etc. Desta forma, com a aplicação desta técnica pode-se observar uma homogeneidade em um grupo, ou seja, os estabelecimentos que se assemelham estão dentro de um mesmo grupo.

Estes agrupamentos, foram representados neste estudo por meio de um dendrograma, ou, em outras palavras, um diagrama de árvore que exhibe os grupos formados (Figura 6).

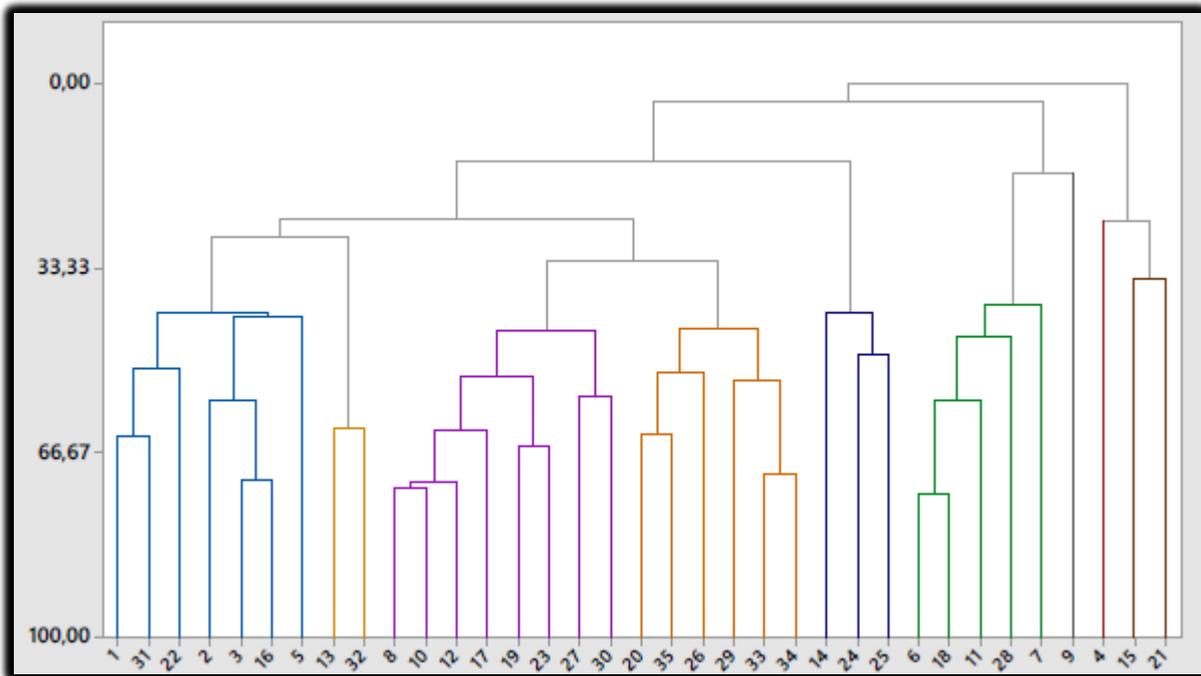
Dentre as 39 variáveis utilizadas, algumas contribuíram ao estabelecimento de *cluster*, e as principais variáveis utilizadas foram:

- Área arrendada;
- Utilização de maquinários;
- Utilização de pesticidas;
- Área utilizada para outra cultura;
- Participação em associações de produtores;
- Participação em cooperativas;
- Quantidade colhida de mandioca;
- Utilização de calcário;
- Utilização de combustível;
- Produtor familiar;
- Área cultivada de mandioca;
- Número de trabalhadores;
- Valor de venda por tonelada.

Foi utilizado o software Minitab® 17.1.0 Licensing: 17.1.0.0 © 2013 Minitab Inc., para a divisão dos *clusters*, ou seja, para classificação de semelhanças de objetos em um mesmo grupo, gerando-se desta forma agrupamentos.

A partir disto, os 35 estabelecimentos rurais foram agrupados conforme apresentado na Figura 6:

Figura 6 – Dendrograma de *clusters* baseado nos instrumentos de coleta de dados



Fonte: Elaborado pelo software Minitab® 17.1.com base nos dados do autor.

O dendrograma é apresentado em forma de árvore, e nele pode-se verificar os níveis de similaridade nos agrupamentos. O eixo vertical apresenta o nível de similaridade e o eixo horizontal os estabelecimentos rurais. As linhas verticais apresentam em sua altura o nível de similaridade entre cada um dos componentes deste mesmo grupo.

6.3 Diagramas triangulares

Os diagramas triangulares foram utilizados para que as propriedades da contabilidade emergética fossem exploradas (ODUM, 1996).

A utilização desta ferramenta facilita a visualização dos resultados, e, desta forma, auxilia em especial a tomada de decisões.

Para a produção destes triângulos, esta ferramenta considera somente os *inputs* de R, N e F do processo produtivo, portanto, não contabiliza o resultado, ou seja, o *output*, ou seja, a quantidade produzida (quantidade colhida).

Para a verificação dos índices de sustentabilidade por meio de diagramas triangulares foi utilizada a ferramenta gráfica desenvolvida em Microsoft Excel 2002 (10.2614.3501) SP-1 utilizando-se as capacidades gráficas e de programação em Visual Basic for Applications 6.3 – versão 9108 – VBA: Retail 6.3.0863 Forms 3:2.01. (BARRELLA, 2004).

A seguir são apresentados todos os *clusters* gerados pela ferramenta.

6.4 Cluster maior preço médio de venda

Este *cluster* é formado pelos estabelecimentos rurais, que em sua integralidade possuem áreas arrendadas, são produtores familiares, utilizam maquinários em seus processos produtivos e produzem, além de mandioca, soja e/ou milho.

Este grupo possui em média 2,86 trabalhadores com moda igual a 3 trabalhadores e desvio padrão de 1,07.

O destaque deste grupo é o maior preço médio de venda por tonelada de mandioca, que foi de R\$732,86 com mediana e moda de R\$750,00 e com desvio padrão de R\$59,64.

Todos os recursos R, N e F, e os índices Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Carga ambiental – Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (ESI) e Renovabilidade (%R), em respeito ao *cluster* maior preço médio de venda são relacionados no quadro 8.

Quadro 8 – Recursos e índices *cluster* maior preço de venda

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 1	1	1,94104E+16	7,42316E+16	1,64848E+17	2,5849E+17	1,57	1,76	12,32	0,13	7,51
	2	6,16818E+16	1,94622E+16	2,50445E+16	1,06188E+17	4,24	0,31	0,72	5,88	58,09
	3	7,28639E+16	2,3568E+17	2,31786E+17	5,40329E+17	2,33	0,75	6,42	0,36	13,49
	5	4,86068E+15	1,38075E+15	7,22237E+15	1,34638E+16	1,86	1,16	1,77	1,05	36,10
	16	2,58779E+16	7,63335E+16	1,61867E+17	2,64078E+17	1,63	1,58	9,2	0,18	9,80
	22	9,72479E+15	1,80833E+16	2,81569E+16	5,5965E+16	1,99	1,01	4,75	0,42	17,38
	31	3,88164E+16	1,502E+17	2,74794E+17	4,6381E+17	1,69	1,45	10,95	0,15	8,37

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este *cluster* apresenta em média um impacto ambiental moderado, uma taxa de renovabilidade baixa e sustentável em médio prazo.

Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por 7 estabelecimentos, apenas um dos estabelecimentos é sustentável (14,29%), um é sustentável em médio prazo (14,29%) e os 5 restantes não são sustentáveis a longo prazo (71,43%).

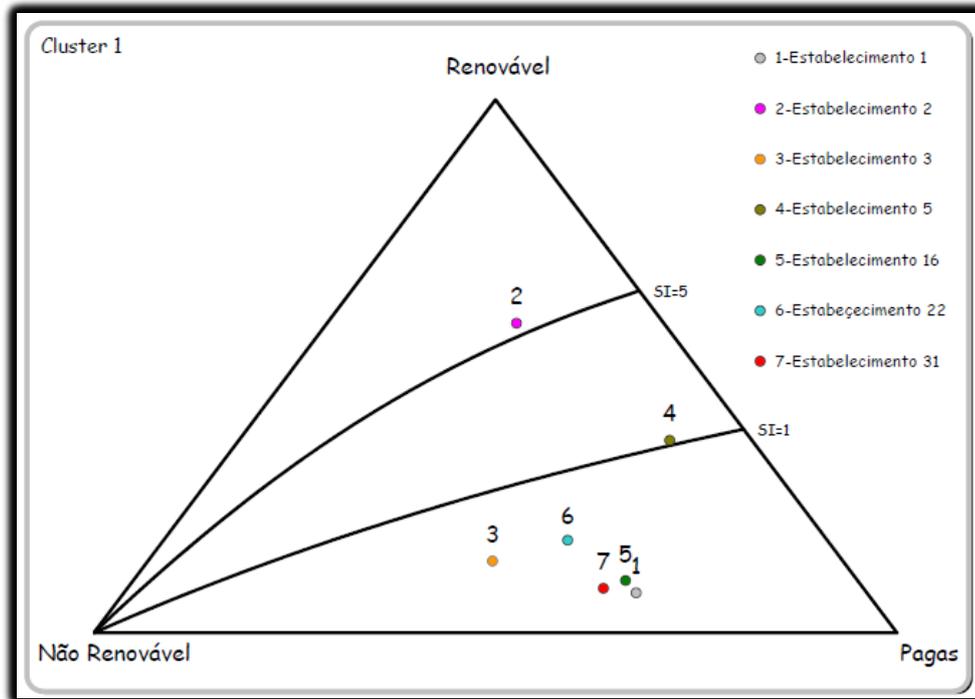
No triângulo abaixo (Figura 7), pode-se visualizar que os estabelecimentos 1, 3, 16, 22 e 31, consomem muitos recursos não renováveis e financeiros comparativamente aos recursos renováveis.

O estabelecimento 5 consome uma quantidade considerável de recursos financeiros, um consumo médio de renováveis e uma quantidade pequena de não renováveis.

Já o estabelecimento 2, utiliza uma quantidade considerável de recursos renováveis e muito pouco recursos não renováveis e financeiros comparativamente.

Portanto, este grupo de estabelecimentos rurais, em sua maioria utiliza uma quantidade grande de recursos não renováveis e financeiros comparados a utilização de recursos renováveis.

Figura 7 – Diagrama triangular – *Cluster* maior preço de venda - Representação no Diagrama Triangular



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.4.1 Discussão *cluster* maior preço médio de venda

Observou-se que neste *cluster* formado por 7 estabelecimentos rurais, que apenas um é sustentável (estabelecimento 2), e um (estabelecimento 5) apresenta sustentabilidade somente em médio prazo e o restante dos estabelecimentos não são sustentáveis.

Por meio do diagrama triangular observou-se que o estabelecimento 2 consome uma quantidade muito maior de recursos renováveis comparado ao restante dos integrantes deste *cluster*. Mesmo que os demais estabelecimentos, tenham em relação ao estabelecimento 2, consumido uma quantidade baixa de recursos não renováveis (N comparativamente aos R e F), apresentam um consumo maior de recursos financeiros, tornando-os insustentáveis.

Portanto, em um mesmo *cluster* com estabelecimentos que possuem semelhanças tais que os unem, podem apresentar índices de sustentabilidade diferentes.

Todos os estabelecimentos deste *cluster* utilizam maquinários, e, consomem pesticidas, herbicidas e combustíveis em quantidades semelhantes, porém, o estabelecimento 2 pode ser considerado sustentável por ser o único dentre eles a utilizar esterco e adubo verde, fazendo com que desta forma que a utilização de recursos renováveis fosse maior que a dos outros integrantes deste *cluster*.

Um ponto muito importante também a ser considerado para o resultado obtido, é que os estabelecimentos 2 e 5, ou seja, o estabelecimento sustentável e o sustentável somente em médio prazo, possuem as menores áreas cultivadas, ambos com 7,26 hectares. Desta forma todos os recursos R, N e F, são calculados em razão da área, ou seja, a transformidade emergética dos recursos multiplicada pela área influencia diretamente nos resultados observados.

6.5 *Cluster* menor média de quantidade colhida

Este *cluster* é formado pelos estabelecimentos rurais, que em sua integralidade possuem áreas arrendadas. Os produtores rurais não participam de associações, mas fazem parte de cooperativas. São agricultores autodeclarados familiares, que produzem, além de mandioca, soja e/ou milho.

Este grupo possui em média 4,5 trabalhadores por estabelecimento rural, com mediana igual 4,5 trabalhadores e desvio padrão de 0,71.

Como destaque, este grupo foi o que apresentou a menor quantidade média colhida de mandioca, que foi de 12,5 toneladas por hectare por ano com mediana de 12,5 e com desvio padrão de 7,78.

Segue abaixo (Quadro 9) todos os recursos R, N e F, e os índices Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Carga ambiental – Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (ESI) e Renovabilidade (%R), calculados para este *cluster*.

Quadro 9 – Recursos e índices *cluster* menor média de quantidade colhida

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 2	13	7,03175E+17	3,17968E+17	3,04223E+17	1,32537E+18	4,36	0,3	0,88	4,92	53,06
	32	3,40339E+15	2,46302E+15	4,91209E+16	5,49873E+16	1,12	8,37	15,16	0,07	6,19

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este *cluster* apresenta em média um impacto ambiental moderado, uma taxa de renovabilidade baixa e sustentável em médio prazo.

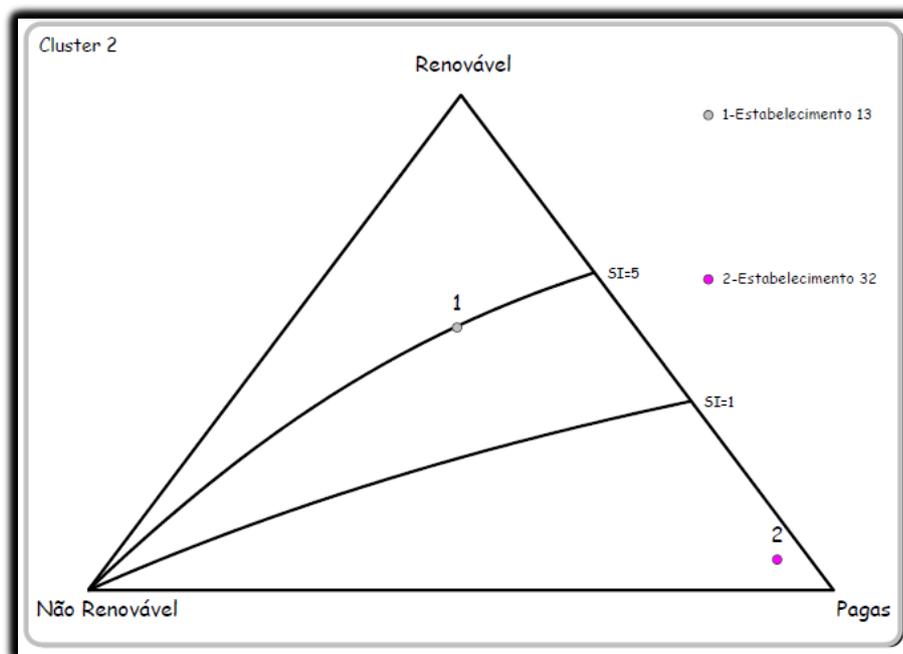
Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por 2 estabelecimentos, apenas um dos estabelecimentos é sustentável (50%), e outro não é sustentável a longo prazo (50%).

No triângulo abaixo (Figura 8), pode-se visualizar que o estabelecimento 32, consome uma quantidade excessiva de recursos financeiros comparativamente aos recursos renováveis.

Já o estabelecimento 13, utiliza uma quantidade considerável de recursos renováveis e muito pouco recursos não renováveis e financeiros comparativamente.

Portanto, este grupo de estabelecimentos rurais, utiliza uma grande quantidade de recursos não renováveis e uma quantidade considerável de recursos renováveis.

Figura 8 – Diagrama triangular – *Cluster* menor média de quantidade colhida - Representação no Diagrama Triangular



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.5.1 Discussão *cluster* menor média de quantidade colhida

Observou-se que neste *cluster* formado por 2 estabelecimentos rurais, apenas 1 é sustentável (estabelecimento 13), porém, o segundo estabelecimento pertencente a este *cluster* (estabelecimento 32) não é sustentável.

Por meio do diagrama triangular observou-se que o estabelecimento 13 consome uma quantidade muito maior de recursos renováveis comparado ao outro integrante. Observou-se também que o estabelecimento 32 consome uma quantidade muito grande de recursos financeiros, comparando-se aos recursos R e N.

Observou-se também, que apesar do cálculo emergético ser diretamente ligado à área cultivada, e as quantidades de recursos não renováveis consumidas serem semelhantes, para este caso, a área cultivada do estabelecimento 13 é consideravelmente maior que a do estabelecimento 32 (108,9 ha e 7,26 ha) respectivamente, porém, o estabelecimento 13 utiliza esterco, e portanto, considerando-se a área cultivada pelo consumo do recurso (R) por hectare, faz com que os resultados emergéticos do estabelecimento seja muito superior ao do 32. Desta forma, a utilização do recurso renovável (esterco) foi fundamental para que o estabelecimento 13 fosse sustentável.

6.6 *Cluster* menor média de terras arrendadas

Este *cluster* é formado pelos estabelecimentos rurais, que em sua integralidade possuem áreas arrendadas. Os agricultores não participam de associações, são produtores familiares que produzem, além de mandioca, soja e/ou milho ou outra cultura.

Este grupo possui em média 3 trabalhadores com moda e mediana igual a 3 trabalhadores e desvio padrão de 0,53.

Destaca-se que este grupo foi o que apresentou a menor média de terras arrendadas que foi de 80,58 ha, comparando-se que a média geral foi de aproximadamente 150 hectares.

Segue abaixo (Quadro 10) todos os recursos R, N e F, e os índices Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Carga ambiental – Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (ESI) e Renovabilidade (%R), calculados para este *cluster*.

Quadro 10 – Recursos e índices *cluster* menor média de terras arrendadas

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 3	8	4,85771E+16	1,45608E+17	6,50134E+16	2,59198E+17	3,99	0,33	4,34	0,92	18,74
	10	4,00238E+16	3,55089E+16	6,36775E+16	1,3921E+17	2,19	0,84	2,48	0,88	28,75
	12	3,23858E+16	8,10295E+16	6,53429E+16	1,78758E+17	2,74	0,58	4,52	0,61	18,12
	17	1,16469E+16	7,31085E+15	5,27356E+16	7,16933E+16	1,36	2,78	5,16	0,26	16,25
	19	1,94082E+16	5,16558E+16	9,18222E+16	1,62886E+17	1,77	1,29	7,39	0,24	11,92
	23	2,31385E+17	5,28852E+16	1,46283E+17	4,30554E+17	2,94	0,51	0,86	3,42	53,74
	27	1,61916E+17	5,56937E+17	3,03228E+17	1,02208E+18	3,37	0,42	5,31	0,63	15,84
	30	1,21537E+17	1,88103E+17	2,61059E+17	5,70699E+17	2,19	0,84	3,7	0,59	21,30

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este *cluster* apresenta em média um impacto ambiental moderado, uma taxa de renovabilidade baixa e não sustentável.

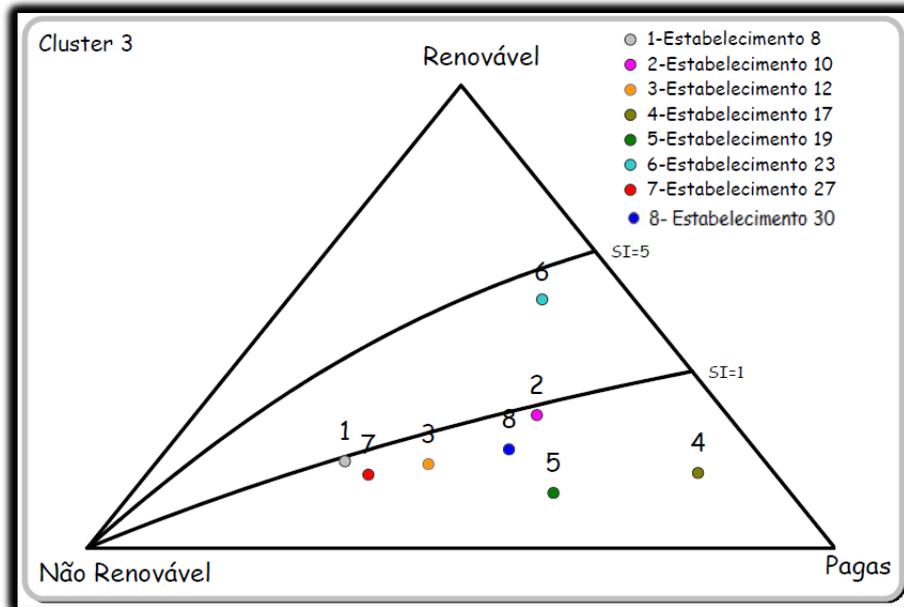
Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por 8 estabelecimentos rurais, e, nenhum deles é sustentável (0%), um é sustentável em médio prazo (12,50%) e os 7 restantes não são sustentáveis a longo prazo (87,50%).

No triângulo abaixo (Figura 9), pode-se visualizar que os estabelecimentos 8, 10, 12, 17, 19, 27 e 30, consomem muitos recursos não renováveis e financeiros comparativamente aos recursos renováveis.

O estabelecimento 23 consome uma quantidade considerável de recursos financeiros, um consumo médio de recursos renováveis e uma quantidade menor de não renováveis, comparativamente.

Portanto, este grupo de estabelecimentos rurais, em sua maioria utiliza uma quantidade grande de recursos não renováveis e financeiros comparados a utilização de recursos renováveis.

**Figura 9 – Diagrama triangular – *Cluster* menor média de terras arrendadas -
Representação no Diagrama Triangular**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.6.1 Discussão *cluster* menor média de terras arrendadas

Observou-se que neste *cluster* formado por 8 estabelecimentos rurais, que apenas 1 (estabelecimento 23), apresenta sustentabilidade somente em médio prazo e o restante destes estabelecimentos não são sustentáveis.

Por meio do diagrama triangular observou-se que mesmo existindo um estabelecimento sustentável em médio prazo, que todo os integrantes deste *cluster*, inclusive o sustentável em médio prazo, consomem uma quantidade muito maior de recursos financeiros, poucos recursos não renováveis e muito pouco recurso renovável.

Para este caso, a área de cultivo, não foi um fator determinante tanto para que os estabelecimentos fossem renováveis ou não, pois, o estabelecimento 23 (sustentável em médio prazo) possui a maior área de cultivo, porém, este estabelecimento teve um consumo ligeiramente menor de fertilizantes, herbicidas, pesticidas e combustíveis do que os outros integrantes deste *cluster*.

6.7 Cluster maior média de terras arrendadas

Este *cluster* é formado por estabelecimentos rurais, que em sua integralidade possuem áreas arrendadas, são produtores familiares e produzem outras culturas que não são soja, milho ou cana-de-açúcar.

Este grupo possui em média 4 trabalhadores por estabelecimento rural.

Além disso, este grupo foi o que apresentou a maior quantidade média de terras arrendadas, que foi de 248,49 hectares, comparando-se que a média geral foi de aproximadamente 150 hectares.

Segue abaixo (Quadro 11) todos os recursos R, N e F, e os índices Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Carga ambiental – Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (ESI) e Renovabilidade (%R), calculados para este *cluster*.

Quadro 11 – Recursos e índices *cluster* maior média de terras arrendadas

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 4	20	4,21058E+17	1,10161E+18	9,31798E+17	2,45446E+18	2,63	0,61	4,83	0,55	17,15
	26	7,96717E+18	1,82649E+18	3,68698E+18	1,34806E+19	3,66	0,38	0,69	5,28	59,10
	29	3,23858E+16	1,19055E+17	1,4014E+17	2,9158E+17	2,08	0,93	8	0,26	11,11
	33	9,88145E+16	4,61789E+16	2,05413E+16	1,65535E+17	8,06	0,14	0,68	11,94	59,69
	34	3,99137E+17	1,1865E+17	7,44481E+16	5,92236E+17	7,96	0,14	0,48	16,44	67,39
	35	2,10528E+17	7,66638E+17	4,59123E+17	1,43629E+18	3,13	0,47	5,82	0,54	14,66

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este *cluster* apresenta em média um impacto ambiental moderado, uma taxa de renovabilidade média e é sustentável.

Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por 6 estabelecimentos, 3 deles são sustentáveis (50%) e deles não são sustentáveis a longo prazo (50%).

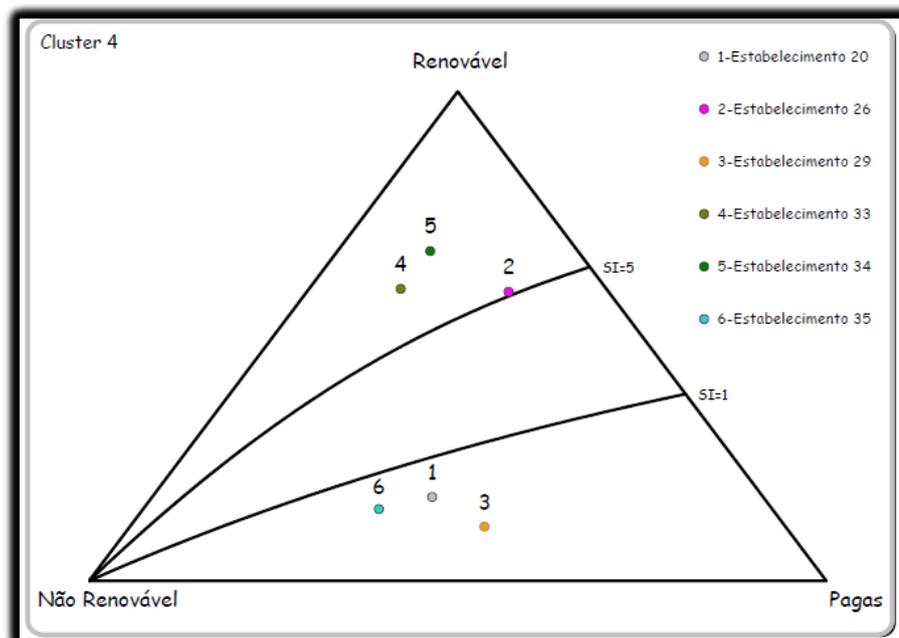
No triângulo abaixo (Figura 10), pode-se visualizar que os estabelecimentos 29 e 35, consomem muitos recursos não renováveis e financeiros comparativamente aos recursos renováveis.

Os estabelecimentos 20, 29 e 35 consomem uma quantidade considerável de recursos não renováveis, um consumo médio de financeiros e uma quantidade pequena renováveis, comparativamente.

Já os estabelecimentos 26, 33 e 34 consomem uma quantidade considerável de recursos renováveis e um consumo médio de não renováveis e financeiros.

Portanto, este grupo de estabelecimentos rurais, utiliza uma grande quantidade de recursos renováveis e de não renováveis e uma quantidade menor de recursos financeiros.

Figura 10 – Diagrama triangular – *Cluster* maior média de terras arrendadas - Representação no Diagrama Triangular



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.7.1 Discussão *cluster* maior média de terras arrendadas

Observou-se que neste *cluster* formado por 6 estabelecimentos rurais, 3 deles são sustentáveis (estabelecimentos 26, 33 e 34), e 3 destes estabelecimentos não são sustentáveis (estabelecimentos 20, 29 e 35).

Por meio do diagrama triangular observou-se que os estabelecimentos que se mostraram sustentáveis consomem uma grande quantidade de recursos renováveis e uma utilização menor de não renováveis e financeiros. Mesmo neste *cluster* ocorrendo um consumo de recursos financeiros e não renováveis em quantidades aproximadas, estes 3 estabelecimentos obtiveram bons índices por utilizarem o recurso renovável esterco em uma quantidade considerável.

Isso ocorre por que o estabelecimento 26 possui a maior área cultivada dentre todos os 35 estabelecimentos analisados, e ele utiliza o recurso renovável esterco, portanto, neste caso, a área cultivada em conjunto com a utilização de esterco, foi fundamental para que este estabelecimento fosse o mais sustentável entre todos os integrantes deste *cluster*.

6.8 *Cluster* produtores exclusivos de mandioca

Este *cluster* é formado pelos estabelecimentos rurais, que em sua integralidade de estabelecimentos que não pertencem a associações de produtores, fazem parte de cooperativas, são produtores familiares e não possuem nenhuma outra cultura além da mandioca.

Este grupo possui em média 5,33 trabalhadores por estabelecimento rural.

Segue abaixo (Quadro 12) todos os recursos R, N e F, e os índices Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Carga ambiental – Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (ESI) e Renovabilidade (%R), calculados para este *cluster*.

Quadro 12 – Recursos e índices *cluster* produtores exclusivos de mandioca

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 5	14	1,78107E+17	4,20004E+17	2,60003E+17	8,58115E+17	3,3	0,43	3,82	0,86	20,76
	24	2,94592E+17	4,50357E+17	2,50473E+17	9,95422E+17	3,97	0,34	2,38	1,67	29,59
	25	2,33343E+17	8,00756E+17	5,21647E+17	1,55575E+18	2,98	0,5	5,67	0,53	15,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este *cluster* apresenta em média um impacto ambiental moderado, uma taxa de renovabilidade baixa e sustentável em médio prazo.

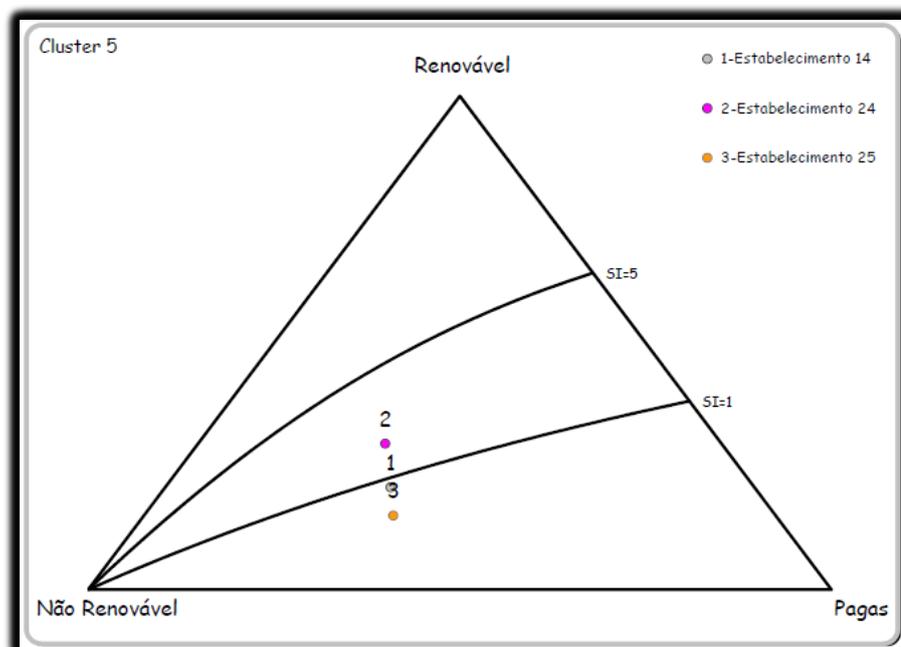
Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por 3 estabelecimentos, apenas um dos deles é sustentável em médio prazo (33,33%) e os 2 restantes não são sustentáveis a longo prazo (66,67%).

No triângulo abaixo (Figura 11), pode-se visualizar que os estabelecimentos 14 e 25, consomem muitos recursos não renováveis e poucos recursos financeiros e renováveis.

O estabelecimento 24 consome muitos recursos não renováveis e poucos recursos financeiros e uma quantidade ligeiramente maior de renováveis comparado aos outros componentes deste *cluster*.

Portanto, este grupo de estabelecimentos rurais, em sua maioria utiliza uma quantidade grande de recursos não renováveis e poucos recursos financeiros comparados a utilização de recursos renováveis.

Figura 11 – Diagrama triangular – *Cluster* produtores exclusivos de mandioca - Representação no Diagrama Triangular



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.8.1 Discussão *cluster* produtores exclusivos de mandioca

Observou-se que neste *cluster* formado por 3 estabelecimentos rurais, que apenas 1 (estabelecimento 24), apresenta sustentabilidade somente em médio prazo e o restante destes estabelecimentos (14 e 25) não são sustentáveis.

Por meio do diagrama triangular observou-se que mesmo existindo um estabelecimento sustentável a médio prazo, todos os estabelecimentos consomem uma quantidade maior de recursos não renováveis.

Isto ocorre por que os integrantes deste *cluster* utilizam uma quantidade moderada de maquinários, combustíveis, pesticidas e herbicidas.

O estabelecimento 24 apresenta um índice de sustentabilidade ligeiramente superior aos demais devido ao número maior de trabalhadores (12 trabalhadores), enquanto os demais estabelecimentos 14 e 25 possuem 3 e 1 trabalhadores respectivamente.

6.9 *Cluster* menor média de área cultivada

Este *cluster* é formado pelos estabelecimentos rurais, que em sua integralidade não possuem áreas arrendadas, não pertencem a associações de produtores rurais, fazem parte de cooperativas e produzem além de mandioca soja e/ou milho e soja e cana.

Este grupo possui em média 2,8 trabalhadores por estabelecimento rural.

Além disso, este grupo foi o que apresentou a menor média de área cultivada, que foi de 31,70 hectares comparando-se que a média geral foi de aproximadamente 158 hectares.

Segue abaixo (Quadro 13) todos os recursos R, N e F, e os índices EYR – Rendimento emergético, EIR - Investimento emergético, ELR – Carga ambiental – Impacto ambiental, ESI - Índice de sustentabilidade e Renovabilidade (%R), calculados para este *cluster*.

Quadro 13 – Recursos e índices *cluster* menor média de área cultivada

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 6	6	1,13372E+16	3,91207E+16	1,89708E+16	6,94287E+16	3,66	0,38	5,12	0,71	16,33
	7	9,52847E+16	2,40407E+17	1,08256E+17	4,43947E+17	4,1	0,32	3,66	1,12	21,46
	11	2,58966E+15	7,05526E+15	1,11593E+15	1,07609E+16	9,64	0,12	3,16	3,06	24,07
	18	2,43199E+15	2,36206E+16	3,40579E+15	2,94584E+16	8,65	0,13	11,11	0,78	8,26
	28	8,70659E+15	3,50064E+16	5,69821E+15	4,94112E+16	8,67	0,13	4,68	1,85	17,62

Fonte: Elaborado pelo autor.

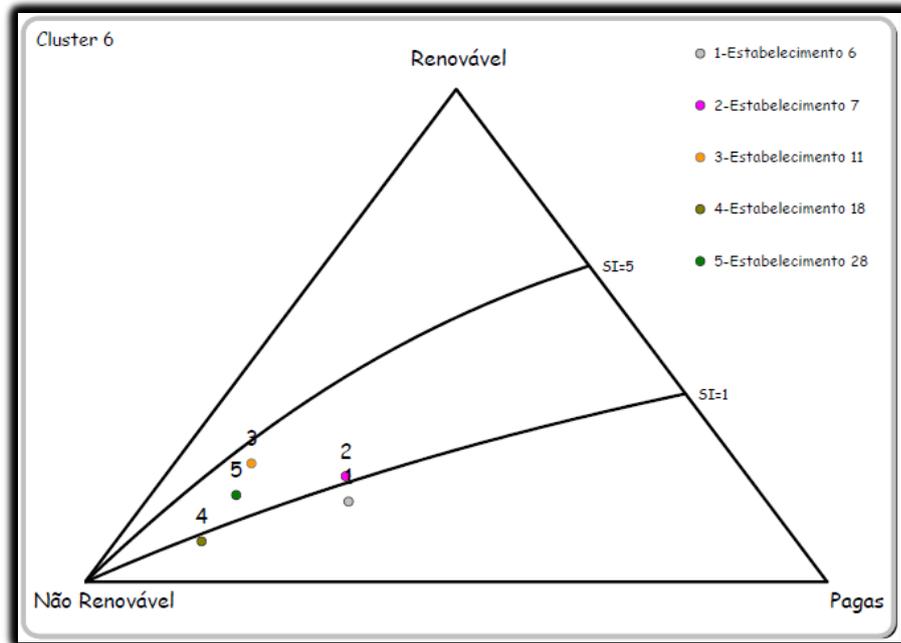
Este *cluster* apresenta em média um impacto ambiental moderado, uma taxa de renovabilidade baixa e sustentável em médio prazo.

No triângulo abaixo (Figura 12), pode-se visualizar que os estabelecimentos 6 e 18, consomem muitos recursos não renováveis e poucos recursos financeiros e muito pouco recursos renováveis.

Os estabelecimentos 7, 11 e 28 consomem muitos recursos não renováveis e poucos recursos financeiros e uma quantidade ligeiramente maior de renováveis comparado aos outros componentes deste *cluster*.

Portanto, este grupo de estabelecimentos rurais, em sua maioria utiliza uma quantidade grande de recursos não renováveis e poucos recursos financeiros comparados a utilização de recursos renováveis.

**Figura 12 – Diagrama triangular – *Cluster* menor média de área cultivada -
Representação no Diagrama Triangular**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.9.1 Discussão *cluster* menor média de área cultivada

Observou-se que neste *cluster* formado por 5 estabelecimentos rurais, que 3 deles (estabelecimentos 7, 11 e 28), apresentam sustentabilidade somente em médio prazo e o restante destes estabelecimentos não são sustentáveis (estabelecimentos 1 e 6).

Por meio do diagrama triangular observa-se que todos os integrantes deste *cluster* consomem uma quantidade muito maior de recursos não renováveis, poucos recursos renováveis.

Isto ocorre por que os integrantes deste *cluster* utilizam uma grande quantidade de maquinários, combustíveis, pesticidas e herbicidas.

6.10 *Cluster* menor área cultivada

Este *cluster* é formado por um único estabelecimento rural, que não possui área arrendada, pertence a associações de produtores, faz parte de cooperativas, é um produtor familiar e possui outro tipo de cultura (soja e milho).

Este estabelecimento possui 1 trabalhador.

Além disso, estabelecimento apresentou a menor área cultivada, que foi de 4,84 hectares.

Segue abaixo (Quadro 14) todos os recursos R, N e F, e os índices EYR – Rendimento emergético, EIR - Investimento emergético, ELR – Carga ambiental – Impacto ambiental, ESI - Índice de sustentabilidade e Renovabilidade (%R), calculados para este cluster.

Quadro 14 – Recursos e índices *cluster* menor área cultivada

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 7	9	3,23935E+15	4,15973E+15	3,48696E+14	7,74778E+15	22,22	0,05	1,39	15,96	41,81

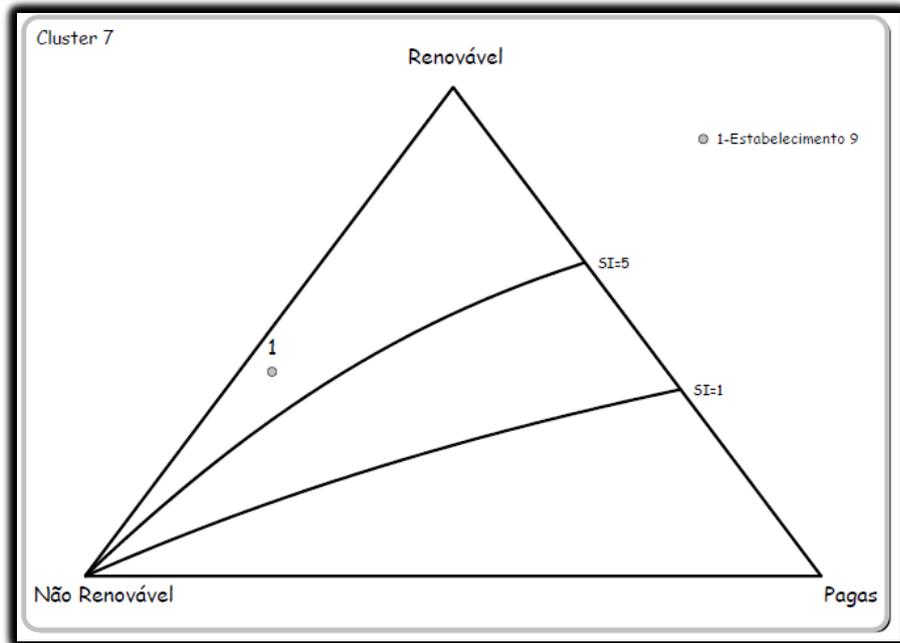
Fonte: Elaborado pelo autor.

Este estabelecimento apresenta um impacto ambiental baixo, taxa de renovabilidade média e é sustentável.

Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por apenas 1 estabelecimento, e ele é sustentável (100%).

No triângulo abaixo (Figura 13), pode-se visualizar que o estabelecimento 9, consome uma quantidade equivalente de recursos renováveis e não renováveis. Porém, ele consome poucos recursos financeiros.

**Figura 13 – Diagrama triangular – *Cluster* menor área cultivada -
Representação no Diagrama Triangular**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.10.1 Discussão *cluster* menor área cultivada

Observou-se que este *cluster* possui apenas 1 estabelecimento rural, e ele é sustentável.

Por meio do diagrama triangular observou-se que este estabelecimento se apresenta como sustentável por utilizar uma quantidade mínima de recursos financeiros, porém, utiliza uma quantidade ligeiramente maior de recursos não renováveis do que renováveis.

Isso ocorre por que este estabelecimento possui a menor área cultivada (4,84 ha) e não utiliza nenhum tipo de maquinário e por consequência não utiliza combustíveis, reduzindo-se assim a utilização de recursos financeiros.

6.11 *Cluster* menor quantidade colhida

Este *cluster* é formado por um único estabelecimento rural, que possui área arrendada, pertence a associações de produtores, faz parte de cooperativas, não é um produtor familiar, e possui outros tipos de cultura (soja e cana).

Este estabelecimento possui 12 trabalhadores.

Além disso, estabelecimento apresentou a menor quantidade colhida, que foi de 12,4 ton/hectare/ano. A hipótese do motivo que causou menor produtividade deste estabelecimento, é a que sua cultura foi atacada por alguma espécie de praga, pois, este estabelecimento utilizou quantidades de pesticidas e herbicidas muito acima da média, sendo consumidos 8,26 litros/ha/ano de pesticidas e 6,2 litros/ha/ano de herbicidas, enquanto a média geral foi de 0,85 litros/ha/ano de pesticidas e 3,97 litros/ha/ano de herbicidas.

Segue abaixo (Quadro 15) todos os recursos R, N e F, e os índices EYR – Rendimento emergético, EIR - Investimento emergético, ELR – Carga ambiental – Impacto ambiental, ESI - Índice de sustentabilidade e Renovabilidade (%R), calculados para este *cluster*.

Quadro 15 – Recursos e índices *cluster* menor quantidade colhida

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 8	4	2,50594E+17	8,75321E+17	4,94482E+17	1,6204E+18	3,28	0,44	5,47	0,6	15,46

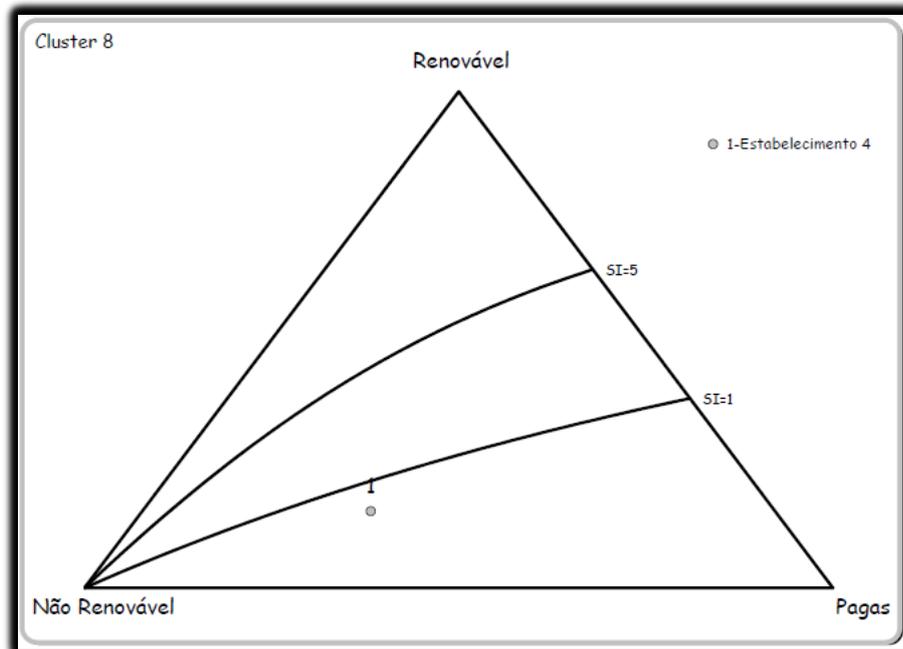
Fonte: Elaborado pelo autor.

Este *cluster* apresenta em média um impacto ambiental moderado, uma taxa de renovabilidade baixa e é insustentável a longo prazo.

Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por apenas 1 estabelecimentos, e ele não é sustentável a longo prazo (100%).

No triângulo abaixo (Figura 14), pode-se visualizar que o estabelecimento 4, consome uma quantidade considerável de recursos não renováveis e financeiros. Porém, consome uma quantidade muito pequena de recursos renováveis.

**Figura 14 – Diagrama triangular – *Cluster* menor quantidade colhida -
Representação no Diagrama Triangular**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.11.1 Discussão *cluster* menor quantidade colhida

Observou-se que este *cluster* possui apenas 1 estabelecimento rural, e ele não é sustentável.

Por meio do diagrama triangular observou-se que este estabelecimento se apresenta como não sustentável por utilizar uma quantidade mínima de recursos renováveis, porém, utiliza uma quantidade ligeiramente maior de recursos não renováveis do que financeiros.

Isso ocorre por que este estabelecimento utiliza uma grande quantidade de maquinários e também de herbicidas e pesticidas, aumentando-se assim a utilização de recursos não renováveis.

6.12 *Cluster* maior número de trabalhadores

Este *cluster* é formado pelos estabelecimentos rurais, que em sua integralidade não possuem área arrendada, não são produtores familiares e cultivam soja além da mandioca.

Este grupo possui em média 25 trabalhadores com moda e mediana igual a 25 trabalhadores e desvio padrão de 0.

Além disso, este grupo foi o que apresentou a média de área total, que foi de 1578,50 hectares com mediana de 1578,50 hectares e com desvio padrão de 676,70.

Segue abaixo (Quadro 16) todos os recursos R, N e F, e os índices EYR – Rendimento emergético, EIR - Investimento emergético, ELR – Carga ambiental – Impacto ambiental, ESI - Índice de sustentabilidade e Renovabilidade (%R), calculados para este *cluster*.

Quadro 16 – Recursos e índices *cluster* maior número de trabalhadores

	Estabelecimento	R	N	F	Y	EYR	EIR	ELR	ESI	%R
Cluster 9	15	5,18512E+18	7,80771E+17	8,8925E+17	6,85514E+18	7,71	0,15	0,32	23,93	75,64
	21	2,61005E+18	1,13316E+18	1,06815E+18	4,81136E+18	4,5	0,29	0,84	5,34	54,25

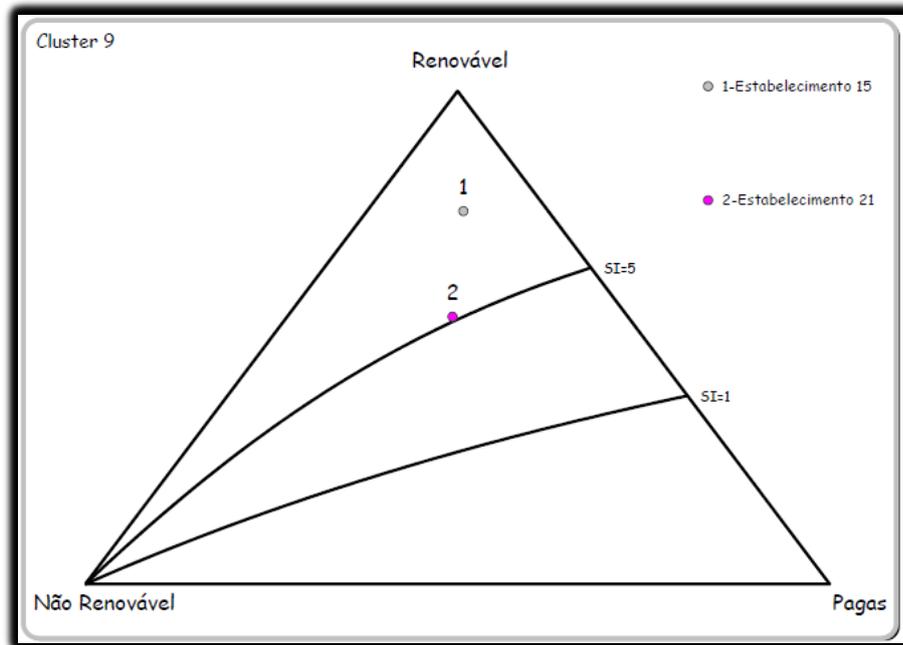
Fonte: Elaborado pelo autor.

Este *cluster* apresenta um impacto ambiental baixo, uma taxa de renovabilidade alta e é sustentável.

Baseado na quantidade de recursos renováveis, não renováveis e financeiros (R, N e F), apresentados nos instrumentos de coleta de dados, deste *cluster* que é formado por 2 estabelecimentos, 2 deles são sustentáveis (100%).

No triângulo abaixo (Figura 15), pode-se visualizar que os estabelecimentos 15 e 21, consomem uma quantidade considerável recursos renováveis e poucos recursos não renováveis e financeiros.

**Figura 15 – Diagrama triangular – *Cluster* maior número de trabalhadores -
Representação no Diagrama Triangular**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ferramenta gráfica (BARRELLA, 2004).

6.12.1 Discussão *cluster* maior número de trabalhadores

Observou-se que neste *cluster* formado por 2 estabelecimentos rurais, os 2 são sustentáveis.

Por meio do diagrama triangular observou-se facilmente que o estabelecimento 15 consome uma grande quantidade de recursos renováveis, com quantidades semelhantes e pequenas de recursos não renováveis e financeiros. O mesmo ocorre para o estabelecimento 21, porém, ele consome quantidade menor de renováveis do que o outro integrante do *cluster*.

Isso ocorre por que este *cluster* apresenta este índice de sustentabilidade alto, por possuir um grande número de trabalhadores (25 cada estabelecimento), e pelo consumo esterco, já, que os dois estabelecimentos possuem área de cultivo relativamente grandes, tendo o estabelecimento 15 uma área de 605 hectares e o estabelecimento 21, 300 hectares.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo observa-se que dos 35 estabelecimentos analisados, somente 7 (20%) deles são sustentáveis, 7 (20%) são sustentáveis somente em médio prazo, enquanto 21 (60%) deles não são sustentáveis.

Viu-se neste estudo que aqueles estabelecimentos que obtiveram uma taxa de renovabilidade menor que 54% são sustentáveis somente em médio prazo ou não são sustentáveis.

Observou-se que por meio da análise emergética que os estabelecimentos mais sustentáveis, são aqueles que mais utilizaram recursos renováveis, como a utilização de mais trabalhadores do que maquinários, ou, um equilíbrio entre o número de trabalhadores pela quantidade de máquinas.

Além disso, os estabelecimentos que não utilizaram nenhum maquinário ou poucos, deixaram de consumir combustíveis fósseis (não renováveis), o que contribuiu consideravelmente para que seus índices de sustentabilidade fossem mais elevados.

Aqueles que também que utilizaram adubo verde e esterco, também apresentaram um índice significativamente maior do que aqueles que optaram pela utilização de fertilizantes (NPK) e por uma quantidade maior de pesticidas e herbicidas.

Porém, viu-se também que não só o consumo de recursos não renováveis faz com que um estabelecimento seja insustentável, ou seja, se a quantidade de recursos financeiros for maior que quantidade de recursos renováveis, o sistema produtivo será insustentável. Ou, se a soma dos recursos não sustentáveis com os financeiros foram maiores que os renováveis, o sistema produtivo também não será sustentável.

Portanto, o ideal é que os sistemas produtivos consumam cada vez mais recursos renováveis, mas também que cada vez mais sejam utilizados menos recursos não renováveis e os recursos financeiros sejam utilizados de forma moderada.

Tendo como base, que a cultura de mandioca é uma das que mais impacta o meio ambiente, quando comparada a outras culturas. O fato dos sistemas produtivos serem sustentáveis se amparam na produção em que os recursos renováveis são preferidos frente outros, suscita-se a hipótese de que este deveria receber maior valor financeiro que aquele sistema em que prevalecem a "maximização" do uso de recursos não renováveis e/ou financeiros.

Utilizando-se como base os estabelecimentos que apresentaram bons índices de sustentabilidade, que no caso em estudo foram sete estabelecimentos que apresentaram índices maiores que 5, portanto, sustentáveis, observou-se que a área média total destes estabelecimentos (800,17 ha), média da área cultivada de mandioca (302,83 ha) , média da quantidade colhida (28,20 ton) e o e a média do número de trabalhadores (8,71), foram maiores que as médias quando considerados todos os participantes deste estudo, que foram de 411,44 ha, 158,23 ha, 26,20 ton e 4,85 trabalhadores, respectivamente.

Porém, o preço médio de venda obtido pelo grupo de estabelecimentos sustentáveis foi de R\$390,42, contra R\$433,97 quando se considerado todos os estabelecimentos.

Portanto, quando se compara com os valores financeiros, obtidos por meio de análise de custos X receitas, pode se dizer que deveria haver uma maior valorização do produto final, ou seja, que para a formação do preço de venda fosse levada em consideração a contribuição dada ao meio ambiente por aquele produtor/estabelecimento.

A análise emergética tem como objetivo avaliar e propor ações para o desenvolvimento. Ela deve ser contabilizada em todo o processo para que sejam verificados todos os fluxos emergéticos, e assim a energia ganha pela economia, ou seja, a contribuição da natureza adicionado ao processo produtivo terá seu valor reconhecido e somado aos índices econômicos.

Com a aplicação da análise emergética, pode-se propor novos modelos de desenvolvimento, priorizando a produção e consumo de energia renovável, reestruturar sistemas rurais, recuperar ecossistemas, propor mudanças na política econômica e de incentivos para que sejam utilizados em projetos sustentáveis.

Baseado nesta análise também pode-se sugerir a redução da utilização de fertilizantes químicos sintéticos, a redução da utilização de maquinários e promoção da agricultura ecológica, proporcionando assim um aumento nos postos de trabalho e uma melhoria na condição social dos trabalhadores.

Com a melhor utilização dos recursos e utilização de diferentes alternativas em substituição de recursos não renováveis e diminuição ou melhor utilização de recursos financeiros, podem melhorar a economia em curto, médio ou longo prazo.

Os índices emergéticos podem ser utilizados para se ter uma correlação da interação do homem com o meio ambiente, e como estes sistemas se comportam economicamente e ecologicamente. Portanto, a utilização da análise emergética permite também, que os custos emergéticos e benefícios sejam comparados, e desta forma, possibilitar uma gestão de recursos de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABAM. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. **Estatísticas - Mercado Consumidor**. 2016. Disponível em: <http://abam.com.br/estatisticas-producao.php>. Acesso em: 11 de Abr. 2019.
- AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. Ed. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2018.
- APTA. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Disponível em: http://www.apta.sp.gov.br/noticia_apta.php?id=5127. Acesso em: 08 Dez. 2017
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Cotações e boletins**. Disponível em: <https://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp>. Acesso em: 17 Out. 2018.
- BAÑON GOMIS, A. J. *et al.* Rethinking the Concept of Sustainability. **Business and Society Review**, v. 116, n. 2, p. 171-91, 2011.
- BARRELLA F.A. **Ferramenta gráfica para análise emergética: Avaliação ambiental e tomada de decisão**. 2004. 292f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Paulista - UNIP, São Paulo, 2004.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emery Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. **Journal of Cleaner Production**, v.10, 2002.
- CAMPBELL, D. E. Emery baseline for the Earth: A historical review of the science and a new calculation. **Ecological Modelling**, v. 339, p. 96-125, 2016.
- CASCUDO, L. da C. **História da alimentação no Brasil**. 4ª ed. São Paulo: Global, 2011.
- CLIMATE DATA. **Clima Campos Novos Paulista**. 2018. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/campos-novos-paulista-287223/>. Acesso em: 13 out. 2018.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; FILHO, J. M. D. **Análise Multivariada para cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. 1a Ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2009.
- COSTA, A.N.R. **Análise sistêmica de embalagens de polietileno: emissões, energia e emergia**. 2011. 292f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011.
- DE SOUZA, C. C. **Evolução da produção e suprimento mundial de mandioca**. AGROLINK, 2013. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/evolucao-da-producao-e-suprimento-mundial-de-mandioca_386853.html. Acesso em: 13 Set. 2019.
- DIAS, R. **Gestão ambiental responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2011.
- DOVERS, S.R.; HANDMER, J.W. Uncertainty, sustainability and change. **Global Environmental Change**, v.2, n.4, p.262-276, 1992.

EMERGY SOCIETY DATABASE. Disponível em:
<http://www.emergysociety.com/emergy-society-database/>. Acesso em: 13 Out. 2018.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOSTAT. (2014).
Production, crops. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
Acesso em: 08 Dez. 2017

FURLANETO, F.P.B; KANTHACK, R.A.D; BONISSONI, K.C. **O agronegócio da mandioca na região paulista do Médio Paranapanema**. Disponível em:
<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=5280>. Acesso em: 13 Set. 2019.

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. 5a Ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005.

HISANO, H. *et al.* **Potencial da Utilização da Mandioca na Alimentação de Peixes**. 2008. 31 p. Documentos 94. EMBRAPA Agropecuária-Oeste. Dourados. 2008.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Estatísticas da Produção Paulista**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1. Acesso em: 13 Set. 2019.

LINDSEY, T. C. Sustainable principles: common values for achieving sustainability. **Journal Cleaner Production**, v. 19, n. 5, p. 561-65, 2011.

MANUAL DE CÁLCULO EMERGÉTICO. Campinas, 2002. Disponível em:
<http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/manual.htm>. Acesso em: 13 Set. 2019.

MARIANO, M. V. *et al.* Avaliação em energia como ferramenta de gestão nos parques urbanos de São Paulo. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 443-458, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **O que é agricultura familiar**. 2016. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/o-que-%C3%A9-agricultura-familiar>. Acesso em: 13 Set. 2019.

MOTA, J. A. Economia, meio ambiente e sustentabilidade: as limitações do mercado onde o mercado é o limite. **Boletim Científico**, Brasília, Escola Superior do Ministério Público da União, ano 3, n. 12, p. 67-87, jul./set. 2004.

MPSP. Ministério Público do Estado de São Paulo. **Médio Paranapanema**. Disponível em:
http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/rede_gaema/Medio_Paranapanema. Acesso em: 13 Set. 2019

NACHILUK, K. *et al.* Caracterização da colheita e pós-colheita da mandioca de mesa nas regionais agrícolas de Andradina e Araçatuba – SP, *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, v. 13. Botucatu, SP. **Anais...**, Botucatu, 2009, p. 1026-1031.

ODUM, H. T. **Emergy Accounting. Environmental Engineering Sciences**. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. April 2000.

ODUM, H. T. **Environmental Accounting. Energy and Environmental decision making**. New York-USA: John Wiley & Sons Inc.;1996.

ORTEGA, E. A contabilidade usando emergia: a possibilidades de uma síntese. E análise crítica da proposta da “Economia Verde”. *In: CONGRESSO SOBRE DESENVOLVIMENTO (CODE)*, Dezembro de 2011, Brasília. **Anais...** Brasília, 2011. Disponível em www.unicamp.br/fea/ortega/codeipea/SinteseEmergetica.pdf. Acesso em: 21 maio. 2019.

ORTEGA, E. Aplicação do Conceito de Emergia na Contabilidade de Gestão Ambiental. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*, 17., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCustos, 2010. p. 1 - 15.

ORTEGA, E. O conceito de emergia e a certificação agroecológica com visão sistêmica. *In: XIV CURSO DE AGROBIOLOGIA*, 15-19 de Julho de 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Seropédica, 2002.

PERES JR., M.R.; PEREIRA, V.G.; DE LIMA SIQUEIRA, P.H.; ANTONIALLI, L.M. Caracterização e agrupamento de municípios de minas gerais em relação à agricultura familiar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 3, pp. 75-99, 2013.

QUADROS, R.; TAVARES, A. N. À conquista do futuro: sustentabilidade como base da inovação de pequenas empresas. **Ideia Sustentável**, São Paulo, ano 9, n. 36, p. 30, jul. 2014.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobel e Fundação de Desenvolvimento Administrativo (Fundap), 1993.

SALAS-ZAPATA, W.; RÍOS-OSORIO, L.; CASTILLO, J.A.D. La ciencia emergente de la sustentabilidad: de la práctica científica hac ia la constitución de una ciencia. **Interciencia**, v.2, n.9, 2011.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Mandioca (Farinha e fécula)**. Brasília, 2012. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5936f2d444ba1079c3aca02800150259/\\$File/4247.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5936f2d444ba1079c3aca02800150259/$File/4247.pdf). Acesso em: 13 Set. 2019.

SILVA, C. C. **A atribuição de custos em sistemas energéticos agropecuários: uma análise em emergia, termoeconomia e economia**. 2009. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

STEPANYAN, K.; LITTLEJOHN, A.; MARGARYAN, A. Sustainable e-Learning: Toward a Coherent Body of Knowledge. **Educational Technology & Society**, v. 16, n. 2, p. 91-102, 2013.

TABELA DE TRANSFORMIDADES. Campinas, 2000. Disponível em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm>. Acesso em: 13 Set. 2019.

ULGIATI, S.; BROWN, M.T. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. **Ecological Modelling**, v.108, p.23-36, 1998.

VARGAS, H.; MARTINS, J. Introdução ao Conceito de Energia. In: IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, 9., Novembro de 2015, Maringá. **Anais Eletrônico...**, Maringá, PR: UNICESUMAR, 2015, p. 4-8. Disponível em:

http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/Jennifer_Martins_Waldhelm.pdf. Acesso em: 13 Set. 2019.