

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE COLHEDORA DE FORRAGEM
COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS COM E SEM O
USO DO PROCESSADOR**

VINÍCIUS PALUDO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia - Programa Energia na Agricultura

BOTUCATU-SP
Julho de 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE COLHEDORA DE FORRAGEM
COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS COM E SEM O
USO DO PROCESSADOR**

VINÍCIUS PALUDO

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia - Programa Energia na Agricultura

BOTUCATU-SP
Julho de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Paludo, Vinícius, 1986-
P184d Desempenho operacional de colhedora de forragem com diferentes tamanhos de partículas com e sem o uso do processador / Vinícius Paludo - Botucatu : [s.n.], 2015
viii, 54 f. : fots. color.; grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Sérgio Hugo Benez
Coorientador: Paulo Roberto Arbex Silva
Inclui bibliografia

1. Energia - Consumo. 2. Silagem - Colheita. 3. Milho - Forragem. 4. Mecanização agrícola. I. Benez, Sérgio Hugo. II. Silva, Paulo Roberto Arbex. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIENCIAS AGRONOMICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DESEMPENHO OPERACIONAL DE COLHEDORA DE FORRAGEM COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS COM E SEM USO DO PROCESSADOR

AUTORA: VINICIUS PALUDO

ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO HUGO BENEZ

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA) , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Prof. Dr. MARCO AURELIO FACTORI
FMVZ/Botucatu

Prof. Dr. LUIZ MALCOLM MANO DE MELLO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Data da realização: 30 de julho de 2015.

*A minha Mãe Margarete por sempre ter me ensinado o caminho da educação,
da ética e pelo esforço para sempre que precisei.*

Dedico

*Aos meus amigos Saulo Fernando, Tiago Correia, Leandro Tavares, Paulo
Roberto e Diego Eiras.*

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. **Sérgio Hugo Benez** pela oportunidade concedida.

Ao professor Dr. **Paulo Roberto Arbex Silva** por sua amizade, compreensão e por aceitar a co-orientação com muito empenho.

Aos professores Dr. **Marco Aurélio Factori**, Dr. **Ulisses Rocha Antuniassi** e Dr. **Luiz Malcolm Mano de Mello** pelas sugestões e orientações prestadas para a realização correta das atividades essenciais ao desenvolvimento do trabalho.

Ao coordenador do programa de pós-graduação Energia na Agricultura Prof. Dr. **Adriano Wagner Ballarin**.

A todos os professores do departamento de Engenharia Rural que contribuíram para minha formação acadêmica durante o mestrado.

A todas as funcionárias da secretaria do Departamento de Engenharia Rural pela atenção durante o curso.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural Dejair Martiniano Ribeiro, Silvio Sabatini Simonetti Scolastici, Emanuel Rangel Spadim e Gilberto Winckler pelas inúmeras ajudas prestadas.

A supervisão das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) por todo o apoio e ajuda que vem desde a época de Residência.

A todas as funcionárias da seção de Pós-Graduação pela atenção e orientação em todos os atendimentos durante o curso.

Aos demais colegas de pós-graduação; Alisson Augusto Barbieri Mota, Rodolfo Glauber Checheto, Fernando Kassis, Caio Ferreira, Neilor Bugoni, Anderson Ravanny, Lucas Holanda, Evandro Pereira Prado, Mário Henrique Ferreira do Amaral, Carlos Renato Guedes Ramos, Jefferson Sandi, Murilo Battistuzzi Martins.

A todos os membros e parceiros do Grupo de Plantio Direto da Faculdade de Ciências Agronômicas.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
SUMÁRIO	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FORMULAS	IX
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 A cultura do milho.....	7
4.2 Silagem de milho.....	9
4.3 Demanda Energética.....	12
4.4 Processamento da Massa.....	15
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Material.....	19
5.1.1 Área experimental.....	19
5.1.2 Caracterização do solo.....	19
5.1.3 Máquinas e Equipamentos.....	20
5.1.3.1 Máquinas Agrícolas.....	20
5.1.3.2 Equipamentos Agrícolas.....	23
5.1.4 Insumos.....	23
5.1.4.1 Sementes.....	23
5.1.4.2 Fertilizantes.....	23
5.1.4.3 Determinação da massa seca das plantas de milho.....	23
5.1.4.4 Determinação da altura de planta, altura de inserção de espiga.....	24
5.1.4.5 Determinação do diâmetro do colmo.....	25
5.1.4.6 Sistemas de aquisição de dados.....	25
5.2 Métodos.....	26
5.2.1 Delineamento experimental.....	26
5.2.2 Ordem cronológica das atividades realizadas na colheita do experimento.....	26

5.2.3 Características agronômicas da cultura do milho.....	27
5.2.4 Determinação da população inicial e final de plantas e produção de planta inteira e grãos.....	27
5.2.5 Determinação da velocidade de deslocamento.....	28
5.2.6 Consumo horário de combustível.....	28
5.2.7 Consumo de combustível por área.....	29
5.2.8 Consumo de combustível por massa seca.....	29
5.2.9 Potência teórica pelo combustível.....	29
5.2.10 Potência efetiva	30
5.2.11 Capacidade Operacional.....	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6.1 Características agronômicas da cultura do milho.....	33
6.2 Populações de plantas inicial e final, produtividades de matéria seca e de grãos de milho.....	34
6.3 Velocidades de operação da colheita de silagem	35
6.4 Consumo horário de combustível ($L h^{-1}$).....	36
6.5 Consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$).....	38
6.6 Consumo de combustível por quilograma de massa seca ($CMS KgMS^{-1}$).....	40
6.7 Potência Teórica (PT Kw).....	42
6.8 Potência Efetiva (PE Kw).....	43
6.9 Capacidade Operacional ($CO ha.h^{-1}$).....	45
7. CONCLUSÕES.....	46
8. REFERÊNCIAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Colhedora autopropelida forrageira, marca New Holland, modelo FR 9060.	21
Figura 2. “Espaçador”	22
Figura 3. Acoplamento da peça no sistema da colhedora forrageira.	22
Figura 4. Coleta de dados de altura de espiga e planta.	24
Figura 5. Coleta de dados de diâmetro do colmo.	25
Figura 6. Operação da colhedora forrageira.	27
Figura 7. Seleção dos tratamentos de maior e menor tamanho de partícula (5 e 30 mm) com o rotor ligado e desligado para ensilagem em barril.	32
Figura 8. Medias de velocidade (Km/ h^{-1}) durante a operação de colheita de silagem conforme o tamanho de partícula e uso do rotor.	36
Figura 9. Consumo de combustível em litros por hora (L h^{-1}) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.	38
Figura 10. Consumo de combustível em litros por hectare (l ha^{-1}) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.	40
Figura 11. Consumo de combustível por quilograma de massa seca (CMS) de milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	42
Figura 12. Potência teórica obtida através da análise do poder de queima do combustível utilizado na maquina durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	43
Figura 13. Potência Efetiva através da análise do poder de queima do combustível utilizado na maquina durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	44
Figura 14. Capacidade Operacional da Colhedora de forragem em ha.h^{-1} durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1: Análise granulométrica antes da instalação do experimento na profundidade de 0-20 cm.	20
Tabela 2: Resultados Pen-State.....	31
Tabela 3. Valores médios de diâmetro do colmo (m); altura da planta (m) e altura de inserção da primeira espiga (m), e número de fileiras de grãos de milho na espiga na cultura do milho.	33
Tabela 4. Valores médios de população inicial e final de plantas por hectares; produtividades de matéria seca (kg ha^{-1}) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}), na cultura do milho.	34
Tabela 5. Medias de velocidade (Km/ h^{-1}) durante a operação de colheita de silagem conforme o tamanho de partícula e uso do rotor.	34
Tabela 6. Consumo de combustível em litros por hora (l h^{-1}) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.	37
Tabela 7. Consumo de combustível em litros por hectare (L ha^{-1}) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.	39
Tabela 8. Consumo de combustível por quilograma de massa seca (CMS) de milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	41
Tabela 9. Potência teórica obtida através da análise do poder de queima do combustível utilizado na maquina durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	42
Tabela 10. Potência Efetiva através da análise do poder de queima do combustível utilizado na maquina durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	44
Tabela 11. Capacidade Operacional da Colhedora de forragem em ha.h^{-1} durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.	45

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula	Página
(1) Determinação da velocidade de deslocamento.	27
(2) Consumo horário de combustível ($L h^{-1}$).	27
(3) Consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$).	28
(4) Consumo de combustível por quilograma de massa seca CMS ($L KgMS^{-1}$).	28
(5) Potencia Teórica pelo combustível (Kw).	28
(6) Potencia Efetiva.	29
(7) Capacidade Operacional.	29

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o consumo energético da colhedora forrageira utilizada na operação mecanizada de colheita de forragem de planta inteira de milho, tendo como referência o processamento deste material em diferentes tamanhos de partículas. O ensaio foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, na região centro oeste do Estado de São Paulo. Os tratamentos selecionados foram relacionados a seis diferentes regulagens de tamanho de partícula de massa da cultura, onde o tamanho de partícula iniciou-se em 5 milímetros (mm) chegando até 30 mm (aumentando o tamanho de partícula em 5mm a cada tratamento) e variando o uso do sistema Rotor CrossOver entre ligado e desligado. No experimento, o delineamento experimental foi em faixas, para um melhor aproveitamento da área disponibilizada, em que dentro de cada faixa foram analisadas 7 repetições. Cada uma das 12 faixas experimentais tinha 105 m de comprimento e 6 m de largura, perfazendo área de 7560 m². As análises estatísticas foram realizadas através do programa ESTAT, pelo teste de média de Tukey a 5 % de probabilidade. Os resultados obtidos mostraram que a partir de tamanhos médios de partículas de milho processado o consumo energético da máquina sofreu pouca ou nenhuma diferença estatística. A colhedora automotriz é recomendada para o processo de ensilagem. O uso do rotor mostrou ser benéfico ao produtor sem acréscimos de custo. O tratamento com rotor ligado e o menor tamanho de partícula

sempre diferiu dos demais tratamentos, apresentando maiores valores de consumo de combustível que os demais tratamentos.

Palavras Chaves: Consumo de Energia, Silagem, Tamanho de Partícula

OPERATING PERFORMANCE FODDER HARVESTER WITH PARTICLE DIFFERENT SIZES WITH AND WITHOUT THE PROCESSOR USE. Botucatu, 2015

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: VINÍCIUS PALUDO

Adviser: SÉRGIO HUGO BENEZ

Co-Adviser: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

2 SUMMARY

This study aimed to assess the energy consumption of the forage harvester used in the mechanized operation of whole corn plant forage crop, with reference to the processing of this material in different particle sizes. The test was conducted at the Experimental Farm Lageado, belonging to the Faculty of Agricultural Sciences - UNESP, located in Botucatu - SP, in the center west region of São Paulo. The selected treatment were related to six different settings mass particle size of the crop, where the particle size was started in 5 millimeters (mm) reaching 30 mm (increasing the particle size 5mm to each treatment) and varying the use of CrossOver Rotor system on and off. In the experiment, the experiment was on track for a better utilization of the available area, where within each group were analyzed 7 reps. Each of 12 experimental groups was 105 m long and 6 m wide, totaling area of 7560 m². Statistical analyzes were performed using the SUM program, the average Tukey test at 5% probability. The results showed that from average

sizes of corn particles processed energy consumption of the machine suffered little or no statistical difference. Automotive and recommended harvester for silage process. The rotor use proved to be beneficial to the producer without cost increases. Treatment with attached rotor and smaller particle size always differed from other treatments, with higher fuel consumption values than the other treatments.

Keywords: energy consumption, silage, particle size.

3 INTRODUÇÃO

O uso da mecanização no cenário agrícola desde os primórdios de sua utilização sempre foi um processo conjunto com as culturas e suas características, tanto econômico quanto social em todo o cenário envolvido em sua implantação e seu processamento. Desde sua implantação e constante aumento de utilização sempre houve por meio de pessoas e pesquisadores, que percebendo certas necessidades acabam adaptando ou até construindo ferramentas, visando melhorar a utilização da máquina e o seu resultado final.

A crescente necessidade de otimização do trabalho e com o menor consumo de energia no processo fez com que se desenvolvam projetos e estudos que visem uma melhor capacidade operacional com menor gasto de energia possível, seja em consumo de combustível ou em melhor aproveitamento pleno de todo sistema de condução da máquina, da aplicação de insumos ou processamento de massa que encontramos no campo, otimizando os recursos disponíveis, além de uma melhor conservação do solo e dos recursos naturais.

Um dos maiores responsáveis por todo o bom rendimento do processo é a colheita, qualquer falha que ocorrer, seja devido à época do corte, a metodologia usada para o melhor aproveitamento de massa e processamento da mesma, logística ou demais fatores podem comprometer a integridade e qualidade do produto final. Dentro desta linha surgiu à necessidade de uma máquina que realizasse a colheita do cereal e processamento de massa do mesmo para silagem de forma rápida, eficaz e padronizada,

onde com o passar dos anos a evolução da capacidade e qualidade destas funções foram aprimoradas.

O milho tem um intervalo de plantio muito amplo, onde se pode utilizar sua boa quantidade de massa seca para confecção da silagem, por exemplo, pois a demanda por silagem é muito alta devido ao fato de ser uma excelente fonte de alimentação de qualidade para o animal e também praticidade pelo fato de poder ser armazenada para uso futuro.

Esta fase do armazenamento está diretamente ligada ao processamento feito, e também ao tamanho do fragmento da planta de milho que será obtido ao fim do processo. Isso se deve ao fato que, de acordo com fatores envolvidos, entre alguns deles o armazenamento e compactação do produto dentro do silo, pois quando corretamente compactado restringimos o contato com o oxigênio, o que desencadeia uma fermentação anaeróbica que garante uma boa qualidade do produto para o consumo animal.

Outro fator fundamental na escolha do tamanho de partícula de milho e também no modo de processamento é o fator da espécie animal que será alimentada com este produto, já que cada espécie necessita diferentemente que a silagem seja de um tamanho de partícula específico para que o trato digestivo do animal em questão realize de forma mais eficaz a conversão alimentar deste material, tendo assim melhor aproveitamento dos componentes do alimento.

O tamanho das partículas de milho e o modo como é realizado o processamento desde a colheita tanto no corte da planta inteira em partículas quanto o grão processado é um fator determinante, pois cada fator acarreta em um custo que justifica ou não o seu gasto, assim resultando em lucro ou prejuízo no fim da operação agrícola.

O tamanho da partícula de milho influencia o rendimento tanto em consumo energético quanto no desempenho operacional da máquina, pois de acordo com a concentração de massa a se colher e o esforço demandado durante o processamento da massa dentro da máquina colhedora forrageira. O esforço realizado pela força motriz da máquina pode sofrer alterações, sendo maior ou menor de acordo com a situação.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a demanda energética da operação mecanizada envolvidos na colheita de milho para silagem de plantas inteiras, tendo como referência o processamento em vários tamanhos de partículas deste cereal cultivado em sistema de plantio tradicional.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura do milho

O milho representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000).

No Brasil, a produção de milho (*Zea mays* L.) sofreu profundas transformações no final do século XX, como consequência de novas tecnologias disponíveis para os agricultores, da expansão da produção em áreas não tradicionais, de modificações na forma de conduzir a lavoura e de melhor adequação do período produtivo às condições climáticas (GUISCEM, 1997). Assim verifica-se aumento da produtividade, entrada da produção mais cedo no mercado, melhorias da distribuição da oferta e da remuneração dos agricultores que conseguem colher mais cedo.

Segundo Melo Filho; Richetti (1997), dentre as culturas produzidas no país, a cultura do milho pode ser considerada a mais importante, tanto no aspecto econômico, como no social, por ser componente básico da dieta brasileira, principalmente nas camadas mais baixas da sociedade e, também, por ser um produto típico de produção de pequenas propriedades, na época representando 92% da produção provenientes das propriedades com menos de 100 hectares.

Sendo o milho (*Zea mays*) uma planta de ciclo fotossintético C4, adapta-se muito bem ao clima tropical, admitindo alta produtividade de massa seca, o que a torna muito atrativa na produção de forragem (Ramos et al., 2002).

Cultura das mais tradicionais, ocupou e ainda ocupa posição significativa quanto ao valor da produção agropecuária, área cultivada e volume produzido, especialmente na regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil. No entanto, apesar de sua grande importância, da evolução gradativa das quantidades produzidas e rendimentos obtidos, a produção de grãos por unidade de área ainda não traduz o potencial genético dos materiais recomendados pela pesquisa (CONAB, 2006).

Conforme Dourado Neto; Fancelli (2000), a defasagem entre os rendimentos potenciais e os observados na prática pode ser atribuída a diversos fatores, inclusive os de ordem econômica. Certamente, os níveis de tecnologia adotados por grande parte dos produtores não correspondem às exigências das cultivares selecionados para a semeadura. Conseqüentemente, a transferência das informações fornecidas pela pesquisa, aliada à experiência adquirida, assume relevância crescente, criando condições para a atualização constante daqueles que se dedicam a agricultura.

Embora cultivares de milho possuam uma contribuição única e atributos que os habilitam a atingir altas produtividades e alta qualidade, a produção final não depende exclusivamente das cultivares, mas de uma interação entre genótipo e ambiente. (EMBRAPA, 91)

Segundo Oliveira e Bezerra (2013), a produtividade média do milho, no Brasil esta em crescimento e atinge próximo de 81,9 sacas de milho por hectares. Com tecnologia adequada à produção por área pode ser duplicada facilmente.

Segundo a AGEITEC, 15 (Agencia EMBRAPA de Informação Tecnológica), dentro das técnicas de manejo cultural, a densidade de plantio é um dos parâmetros mais importantes. De maneira generalizada, a causa dos baixos rendimentos de milho, tanto para grãos quanto para forragem, é função do baixo número de plantas por área. Além disso, a densidade de plantio pode também afetar a qualidade da silagem, uma vez que afeta a proporção entre as partes da planta (espiga, colmos e folhas). Resultados de pesquisa mostram que os percentuais de colmo crescem quando ocorre aumento na população de plantas/ha. Considerando que a maior concentração de fibra está presente no colmo, conseqüentemente o excesso de população de plantas, que propicia maior percentagem de colmos, resultará em menor digestibilidade e consumo do material

produzido. Normalmente, a recomendação da densidade de plantas para milho, grãos ou forragem segue os mesmos valores, uma vez que a densidade que proporcionar maior rendimento de grãos por hectare fornecerá também maior rendimento de forragem ou silagem de boa qualidade nutritiva.

Outro aspecto importante na produção de silagem de milho que é a densidade de plantio. Uma adequada distribuição de sementes no ato do plantio melhora as capacidades da planta, obtendo assim melhor rendimento da mesma, conseqüentemente melhorando sua produção. Em economia, o intermediário se apresenta como uma parte essencial do processo competitivo, exercendo a função de procurar mercado, e nessa tarefa pode executá-la com eficiência. Antecipando-se a uma venda, transportando estoques de mercadorias de uma praça a outra ou através do tempo, fica implícito nos riscos de comercialização, aliviando a carga do produtor. Um dos principais segmentos de mercado no mercado de milho é o setor pecuário, pois o milho é procurado em grande escala para alimentação animal, onde cerca de 60 a 80 % da produção do cereal é destinada a este segmento, dependendo de ano para ano. De acordo com Factori et al.(2014); por apresentar características desejáveis de uma planta para ensilagem, o milho é a cultura mais utilizada nos sistemas de produção de ruminantes, seja animais para corte ou leite. Para tanto, são encontrados no mercado, materiais que se diferem em características morfofisiológicas para atender os diversos objetivos propostos, seja para a produção de grãos ou para silagem.

4.2 Silagem de milho

A silagem de planta inteira é uma das formas mais antiga e conhecida, comumente utilizada para armazenar alimento para os animais, promovendo na propriedade um sistema estável de produção animal. Esta modalidade de silagem consiste em cortar a planta na altura de 20 centímetros do solo e picar a planta inteira de milho, com a posterior compactação e vedação do local de conservação (GALAN, 1998).

Segundo Dourado Neto; Fancelli (2000), a produção de silagem de qualidade exige competência técnica, planejamento, decisões seguras e atenção aos detalhes, assim, o sucesso da atividade depende de alguns fatores como: escolha do híbrido (teor de matéria seca em toda planta), população e distribuição espacial de plantas, ponto

adequado de colheita, tamanho da partícula, compactação e vedação do silo, forma e velocidade de enchimento dos silos, número de colhedoras bem como a capacidade disponível de colheita, número e capacidade de carretas e tratores, distância da área de produção até os silos, altura de corte e disponibilidade e qualificação de mão de obra.

O uso de novas cultivares de milho mais produtivas e adaptadas às condições locais tem sido apontado como responsável pelos maiores ganhos obtidos em produtividade. A escolha do híbrido de milho para a produção de silagem tem, por objetivo, a obtenção de um produto economicamente viável e de alta qualidade. Características como, alta relação grãos/massa verde, manejo adequado da adubação e época de corte, propicia maior produção de massa seca e maior produção de grãos, implicando numa silagem nutricionalmente mais rica, digestível e com menor teor de fibra (MELO, 1999). Portanto, as silagens de planta inteira e de grão úmido surgem como uma opção para o produtor, visto que a conservação do milho para a alimentação animal na forma de silagem de grão úmido pode ser até 11% mais econômica em relação aos grãos secos, por eliminar as etapas de limpeza e secagem do processamento de grãos (COSTA et al., 1998).

Na escolha de um híbrido de milho para produção de silagem, esse deve apresentar alta porcentagem de grãos e, por conseguinte, de espigas na massa verde (NUSSIO, 1990). Além desse parâmetro, devem ser consideradas na avaliação do valor nutritivo da silagem as porcentagens de proteína, de fibra e a digestibilidade da matéria seca. O momento de corte das plantas de milho para a silagem está relacionado com o momento em que a planta apresenta alto rendimento de massa seca, alto nível de proteína e baixo teor de fibra (GALAN, 1998). Em silagem de planta inteira de milho com teores abaixo de 30% de matéria seca, segundo EMBRAPA (1991), ocorrem perdas de massa seca e nutrientes por lixiviação. Nos teores acima de 35%, ocorrem perdas de massa seca no momento do corte, bem como no processo de conservação, devido à dificuldade em se compactar a massa.

O teor de matéria seca deve estar entre 33 e 37%, que deverá ocorrer no ponto em que os grãos estiverem no estágio farináceo-duro, próximo da maturação fisiológica (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). Os autores ainda afirmam que nesta fase ocorre um decréscimo na produção de massa verde com aumento significativo na produção de massa seca, a qualidade da fermentação é maximizada e o consumo voluntário dos animais é aumentado significativamente.

O corte das plantas de milho para silagem efetuado com teores de matéria seca acima de 37% não é recomendável, pois as folhas encontram-se com baixos teores de água acarretando maiores perdas durante o corte, além do fato de dificultar a compactação e a eliminação do ar da massa do silo (NUSSIO, 1990). Por outro lado, quando o corte é efetuado com teores de matéria seca abaixo de 33%, a planta está em estágio desfavorável para ser ensilada, principalmente pela umidade presente e pela presença de grãos imaturos na qual resulta em volumoso com alto conteúdo de fibra e baixo teor de amido, em função da grande proporção de parte vegetativa em relação ao amido presente nos grãos.

Na confecção da silagem, os grãos de milho devem ser moídos para facilitar a compactação, condição necessária para garantir boa qualidade ao produto final. Além disso, a moagem e a ensilagem são métodos de processamento que visam aumentar o aproveitamento dos nutrientes presentes nos grãos. Neumann et al. (2007) relatam que na produção de silagem, aspectos relacionados ao tamanho de partículas e altura de corte das plantas, afetam o grau de compactação.

BEAUCHMIN et al (1994) citam que o tamanho de partícula inferior a 20 mm favorece a disponibilidade de carboidratos solúveis, estimulando o crescimento das bactérias lácticas e facilitando a compactação da silagem e o aproveitamento pelo animal. Assim, a uniformidade de partículas obtidas no corte e na trituração das forrageiras é o primeiro passo para a obtenção da chamada qualidade da forragem, expressão utilizada como referência ao valor nutritivo, resultado do processamento uniforme de boas forrageiras, correto armazenamento (ensilagem), culminando num resultado de produção de carne satisfatório (JOBIM et al., 2007). Contudo, Neumann et al, (2007b) relatam que o tamanho de partículas de silagem após processamento, deve ficar entre 2 e 6 mm, por determinar menores perdas físicas e nutricionais na desensilagem.

O consumo e o aproveitamento da silagem pelo animal estão intimamente ligados à qualidade física do material. Em trabalho realizado por SCHWAB et al. (2002), os autores constataram que com o aumento do tamanho teórico de fragmento de 13 para 19 mm, ocorreu uma redução no consumo de massa seca de silagem de milho pelos animais em $1,1 \text{ kg dia}^{-1}$.

Trabalhando com uma colhedora de forragem JF90 no corte de milho e sorgo, MARTINS et al. (2005) verificaram forte influência das regulagens da máquina no tamanho de fragmento obtido. Para as regulagens extremas da máquina que

disponibilizava em sua regulagem Comprimento Teórico de Fragmento (CTF) de 4 a 22 mm, o tamanho de fragmento variou de 0 a 50 mm, sendo que apenas 20 a 30% do material fragmentado estaria dentro da faixa indicada entre 10 e 12,7 mm. Os autores ainda ressaltam que a regulagem indicada pelo fabricante em nenhum dos casos corresponde ao tamanho de fragmento obtido nos testes. Em contrapartida GARBUIO et al. (2008) obtiveram respostas diferentes, onde concluíram que a utilização de diferentes regulagens da colhedora de forragem não alterou os tamanhos de fragmentos para a velocidade de 5,6 km h⁻¹ e que aumentando a velocidades do conjunto, maiores foram os tamanhos de fragmentos obtidos.

Embora a técnica de preservação de grãos pela ensilagem tenha sido introduzida no Brasil no início da década de 80, o número de pesquisas sobre o assunto é limitado. LOPES et al. (1999 b) conduziram os primeiros trabalhos sobre a silagem de grãos úmidos de milho para suínos, quando comprovaram o grande potencial na alimentação de leitões e animais em crescimento e terminação.

A maturação fisiológica do milho ocorre quando cessa a translocação de nutrientes da planta para os grãos, ocasião em que apresentam teores máximos de amido, proteínas e óleo. Na prática, é determinada pelo surgimento da camada preta na base dos grãos (COSTA et al. 1999). Este grande prejudicial quando se deseja o uso do milho para silagem, pois neste estado a qualidade do material já não é mais adequado, o que compromete sua qualidade e conseqüente também o seu valor financeiro, que inviabiliza a venda.

4.3 Demanda energética

Uma das maiores preocupações dos agricultores tem sido o custo da energia das máquinas e equipamentos agrícolas, que pode ser reduzida por meio de melhores projetos de máquinas e implementos e melhores procedimentos operacionais (STANGE et al., 1984). O alto custo dos combustíveis e das máquinas agrícolas e a baixa remuneração do produtor exigem o uso de técnicas de gerenciamento dos serviços, principalmente aquelas ligadas às operações motomecanizadas, visando uma minimização do consumo de energia.

O monitoramento do desempenho das máquinas agrícolas motorizadas tem sido do interesse de pesquisadores há várias décadas, tendo como principal objetivo a otimização do desempenho para aumentar a eficiência do combustível

de modo que produza máxima quantidade de trabalho por unidade consumida. Os maquinários motomecanizados têm seu desempenho avaliado pela potência na TDP, do coeficiente e da eficiência de tração da patinagem das rodas motrizes e do consumo de combustível (MIALHE, 1996).

Uma parcela considerável dos custos de produção agrícola refere-se à utilização de máquinas e implementos agrícolas, especialmente no que diz respeito a uma das principais unidades de potência da agricultura, os conjuntos de máquinas para operações motomecanizadas. A otimização de seu desempenho global e, mais especificamente, a melhor utilização do potencial de seu motor, reduzindo-se o consumo de combustível, que por ser um dos fatores importantes na redução de custos de produção, torna-se um requisito fundamental (SILVA, 1997 a).

Na produção de grãos, a secagem pode representar até 50% do consumo total de energia, no caso específico do milho. Apesar de haver, à disposição do usuário, equipamentos para controle de processos, a tomada de decisão para a otimização de uma determinada operação cabe ao operador. As operações de secagem e armazenagem, quando conduzidas corretamente e com equipamentos eficientes, contribuem significativamente para a redução dos custos operacionais, em razão da economia de energia que propiciam (LOPES et al., 2000).

Segundo Green et al. (1985) com a elevação dos custos de produção e a queda dos preços dos produtos agrícolas no mercado, os agricultores têm almejado obter mecanismos eficientes com baixos custos de produção, destacando-se o uso de máquinas agrícolas adequadas ao conjunto trator-máquina agrícola durante o manejo e operação do solo.

O desenvolvimento da mecanização nas operações de colheita e conservação de forragens foi uma das formas encontradas pelos produtores rurais para obter produtos de menor custo e com alto valor nutritivo; as forrageiras mais utilizadas na alimentação de animais são, entre outras, o milho, o sorgo e o capim-elefante, que podem ser utilizados ainda verdes ou podem ser armazenados para serem utilizados posteriormente em outra estação segundo Balastreire (1990).

Uma forma de minimizar e racionalizar a utilização da energia nos processos agrícolas, principalmente na destinação final dos produtos, grãos de milho, pode ser a silagem de grão úmido que surge como uma alternativa para o produtor, na qual o

processo de secagem é substituído pela moagem e armazenamento em alta densidade com altos teores de água (COSTA, 2001).

Segundo Silva (1997 a), o objetivo da instrumentação de máquinas agrícolas para a realização de ensaio de campo é gerar informações por meio dos transdutores instalados nas máquinas e implementos, proporcionando o conhecimento de parâmetros que possibilitam dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos motomecanizados na agricultura, em condições brasileiras e regionais dentro do país, possibilitando-se a comparação destes resultados com aqueles de ensaios de laboratório e os obtidos em outros países.

Ramos (2005) relata que as colhedoras de forragens autopropelidas se destacam pela sua capacidade de trabalho, versatilidade, incorporações de inovações tecnológicas além da alta uniformidade em relação ao tamanho do material picado, entretanto, essas máquinas apresentam algumas desvantagens como alto valor de aquisição e a necessidade de uma frota de caminhões ou transbordos para trabalhar em paralelo com a máquina.

No processo de ensilagem, a colheita das plantas de milho demanda a maior parte do consumo de combustível (FACTORI, 2009). Segundo SEKI (2007), o alto custo dos combustíveis e das máquinas agrícolas e a baixa remuneração do produtor exigem o uso de técnicas de gerenciamento dos serviços, principalmente aquelas ligadas às operações motomecanizadas, visando à minimização do consumo de energia.

Segundo Garcia et al. (2005), é importante conhecer a capacidade da máquina a fim de selecionar a potência e os equipamentos que desempenharão as operações agrícolas em tempo hábil, evitando, dessa forma, custos adicionais com máquinas superdimensionadas, comum nas propriedades agrícolas.

Schlosser et al. (2010) relatam que as colhedoras de forragens devem ser preparadas e reguladas para que o processamento das plantas seja realizado sem demanda excessiva de potência. Essas máquinas disponibilizam uma gama de regulagens que se adaptam as diversas situações de trabalho e necessidades técnicas para cada cultura a ser colhida. Eles ainda citam que a maioria das colhedoras de forragens não realiza seu trabalho corretamente por operarem com regulagens inadequadas ou pela falta de acompanhamento técnico, promovendo assim corte desuniforme da forrageira, resultando em silagens de baixa qualidade ou de baixo rendimento alimentar para os animais.

A necessidade de se reduzirem o tamanho de fragmentos dos grãos proporcionando uma ampla gama de tamanho de partícula implica, necessariamente, em consumos diferenciados de energia de acionamento dos equipamentos de moagem, os quais, na maioria das vezes, têm se caracterizado por um superdimensionamento (CONCEIÇÃO, 1984).

De acordo com Conceição (1984), a energia gasta na redução da partícula é decorrente do grau de dureza, da película de cada produto e que as características de moagem de qualquer grão triturado podem ser representadas por dois parâmetros, capacidade de moagem e distribuição dos módulos.

A faca de corte é um dos principais componentes da colhedora, devendo ser capaz de realizar o corte do material de forma uniforme e transmitir energia cinética suficiente para lançá-lo fora da máquina, com o mínimo consumo de energia (GARCIA et. al. 1998).

De acordo com RIPPEL et al. (1998), estas colhedoras são compostas por um mecanismo de recolhimento e outro de corte de plantas, este constituído por um conjunto de lâminas rotativas que fragmentam o material e arremessam-no para fora da câmara de corte.

Segundo Factori et al. (2014); para os resultados referentes ao consumo de combustível e aos demais parâmetros avaliados, foram influenciados pela interação tripla entre os fatores Híbrido*estádio de colheita*tamanho de partícula, onde ele observou também que em relação ao tamanho de partícula, verifica-se que a velocidade tornou-se maior em maturidades mais avançadas de colheita, à medida que aumentou o tamanho de partícula.

4.4 Processamento da Massa

A colhedora utilizada para captação das plantas no campo tem papel fundamental no processo de ensilagem, pois a sua função não é somente separar os seguimentos planta-solo, mas também o de promover a picagem da planta e o rompimento dos grãos num determinado tamanho que seja satisfatório para que haja fermentação de qualidade e posteriormente seja favorável ao consumo e desempenho animal.

No Brasil, nós temos dois tipos básicos de máquinas para a colheita da planta de milho, as que são acopladas ao trator e as automotrizes, que vêm ganhando espaço no mercado nacional, por serem utilizadas na terceirização de serviços.

A regulagem “teórica” do tamanho de partícula da forragem nestes dois modelos de colhedoras pode variar de 0,8 a 3 cm. Porém, é importante ressaltar que em algumas fazendas o tamanho de partícula observado ultrapassa os 10 cm, devido a falta de manutenção (afiamento das facas e ajuste de facas e contra facas) nos equipamentos e também é muito comum a observação de grãos inteiros nas fezes de animais alimentados com silagem de milho, sendo que parte deste problema pode estar ligado ao estágio de maturação dos grãos, mas o tipo de colhedora e o cuidado que é dedicado a ela são os grandes responsáveis por este tipo de perda.

Máquinas de colheita de forragem, foram desenvolvidas de acordo com a necessidade de alimentar os animais para ganho de peso e produção, por isso torna-se necessário ter alimento disponível em todas as fases do ano. A obtenção de um produto de baixo custo e alto valor nutritivo forçou o desenvolvimento de máquinas capazes de obter e conservar alimentos para os animais. A forragem pode ser fornecida picada aos animais ainda verde, ou ser armazenada para ser consumida posteriormente, principalmente na entressafra misturada a produtos ricos em sais minerais e proteínas. Para ser armazenada, a forragem deve passar por um processo de conservação, visando eliminar os processos de oxidação e decomposição, causados principalmente por fungos e bactérias. (GARCIA, 2014).

As automotrizes, além de possuírem dispositivo para romper os grãos também apresentam um sistema de regulagem (grão mais ou menos quebrado), contudo, nas colhedoras nacionais de menor porte este dispositivo nem sempre está presente. Trabalhos americanos (Bal et al., 2000; Kuehn et al. 1997), reforçam que é extremamente importante que o tamanho de partícula influencia na compactação da silagem. Tamanhos superiores a 1,5 cm podem resultar em silagem com baixa densidade, sobretudo nas camadas periféricas do silo e quando a forragem apresenta concentração de matéria seca superior aos 35%. Em relação a ação do dispositivo para romper os grãos, os efeitos sobre a ingestão e produção de leite foram bastante evidentes. Bal et al. (2000) observaram efeito positivo sobre o consumo (25,9 vs. 25,3 kg de MS/dia) e sobre a produção das vacas (46,0 vs. 44,8 kg/dia) quando estas foram alimentadas com silagem de milho (linha do leite a 50%) que apresentavam ou não os grãos quebrados. O efeito do rompimento dos grãos parece ser devido ao aumento na digestibilidade do amido que passou de 95,1 para 99,3% nas silagens com grãos quebrados. Johnson et al. (1999),

confrontando diversos estudos sobre a presença de grãos quebrados, mostraram que o aumento na produção pode variar de 0,2 a 2,0 kg de leite/vaca/dia.

A colhedora de forragem que está sendo utilizada e a manutenção que é direcionada a ela será essencial para o desempenho do rebanho. Lembre-se, que durante a ensilagem de milho, a maioria dos grãos deverá sofrer pelo menos uma fragmentação, decorrente da ação mecânica do equipamento e, que o ajuste de máquinas dentro da propriedade não custa dinheiro, apenas um pouco de tempo e paciência.

De acordo com Braunbeck, Volpato e Oliveira; 2003, os equipamentos atualmente disponíveis para colheita de forragens foram desenvolvidas para operar em culturas plantadas em linhas, como é o caso do milho e do sorgo, sem possibilidade de operar satisfatoriamente em culturas perenes, como o capim elefante, que desenvolvem touceiras largas e tendem a se espalhar na entrelinha de plantio.

Na definição de Peixoto, A. M; et al; 1998. A cultura é cortada através de faca oscilante inserida na plataforma de recolhimento de altura regulável, as correias transportadoras encaminham a forragem colhida para as polias alimentadoras, estas conduzem o material a uma velocidade constante para as facas de um rotor que picam a forragem em tamanho uniforme e regulável (conforme opção desejada), o conjunto do rotor lança o produto picado na carreta mediante uma bica de saída que pode ser direcionada para se obter uma distribuição uniforme.

A distância entre as facas do volante e a contra faca determina a qualidade de corte do repicador. Essa distância deve estar em torno de 1 mm não devendo passar de 2 mm a folga máxima. A regulagem é feita através da contra faca que é regulável. Em colhedoras forrageiras de pequeno porte, para ajustar a folga entre a faca e contra faca devesse soltar os parafusos da contra faca e aproximá-la ou afastá-la das facas de acordo com a folga desejada. Verificar após a regulagem se não existe nenhuma faca que esteja raspando na contra faca. Isto deve ser feito com a máquina desligada girando manualmente o rotor até que gire uma volta completa.

Os equipamentos atualmente disponíveis para colheita de forragens foram desenvolvidas para operar em culturas plantadas em linhas, sem possibilidade de operar satisfatoriamente em culturas perenes, que desenvolvem touceiras largas e tendem a se espalhar na entrelinha de plantio.

O sistema de corte geralmente é composto por mecanismos de orientação do produto (molinete), barra de corte, e condutor helicoidal. O molinete conduz

o produto à barra de corte, que com o auxílio de suas facas, corta o material. Este material é orientado pelo condutor helicoidal ao sistema de alimentação. Dependendo do modelo da máquina, o cilindro pode ser de dentes, de barras e ainda estar no sentido axial da máquina. As regulagens destas máquinas devem ser feitas de acordo com o tipo e as condições de cultura (estádio de maturação e umidade), e com a finalidade de se reduzir o índice de perdas e danos mecânicos dos grãos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Área experimental

O ensaio foi conduzido na área de produção da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, região centro oeste do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas Latitude 22° 51' S e Longitude 48° 26' W de Greenwich, altitude média de 770 metros, declividade média de 4,5% e clima subtropical chuvoso, apresentando inverno seco, tipo Cfa, de acordo com o critério de Köeppen. O processo de ensilagem foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, nas instalações pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP – Campus de Botucatu – SP.

A área experimental vem sendo cultivada com sistema de plantio convencional.

5.1.2 Caracterização do Solo

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et. al. (1983) como Terra Rocha Estruturada, sendo adaptado à classificação da Embrapa (1999), como Nitossolo Vermelho Distroférrico. Os resultados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Análise granulométrica antes da instalação do experimento na profundidade de 0-20 cm.

Areia (g.kg⁻¹)	Argila (g.kg⁻¹)	Silte (g.kg⁻¹)	Textura
165	450	385	Argilosa

5.1.3 Máquinas e equipamentos

Um dos fatores mais relevantes para uma boa implantação é condução da cultura e o maquinário utilizado durante todo o ciclo da safra, isto porque quando temos conhecimento e capacitação no uso das máquinas que serão utilizadas conseguimos obter um padrão de uniformidade e qualidade dentro da operação agrícola.

5.1.3.1 Máquinas agrícolas

- Trator de marca Massey Ferguson, modelo MF 283, tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), com potência nominal de 63,2 kW (86 cv) no motor, para a realização das operações de semeadura (espaçamento de 0,85m) e adubação de cobertura;
- Trator de marca Massey Ferguson, modelo MF 296 (4x2), com potência de 82,3 kW (112 cv) no motor, para a realização das pulverizações;
- Trator de pneus de marca Massey Ferguson, modelo MF 299 com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), com potência de 95,6 KW (130 cv) no motor, utilizado para a operação de gradagem.
- Colhedora autopropelida forrageira, marca New Holland, modelo FR 9060, disposta com o sistema Power Cruise™ e o sistema IntelliView II™, tração traseira auxiliar, equipada com picadore tubo de descarga. Figura 1.
- Plataforma modelo 450 FI com 4 rolos de alimentação, rolos de processamento de largura total de 750 mm alinhado com o picador, com potência de 430 kW (585 cv)

no motor em linha, rotação da TDP de 2100 RPM para a operação de corte, com largura de colheita de 6 metros (7,05 linhas).



Figura 1. Colhedora autopropelida forrageira, marca New Holland, modelo FR 9060.

- Processador rotor CrossOver, permite outro processo de fragmentação da partícula, pois ativa outro cilindro, o que propicia uma melhor uniformidade nos tamanhos da partícula. Neste caso a utilização ocorre por meio de um “espaçador” no sistema de condução e fragmentação de partículas (Figura 2). Onde o mesmo permite o encaixe ou folga do sistema que transmite energia ao rotor (Figura 3).

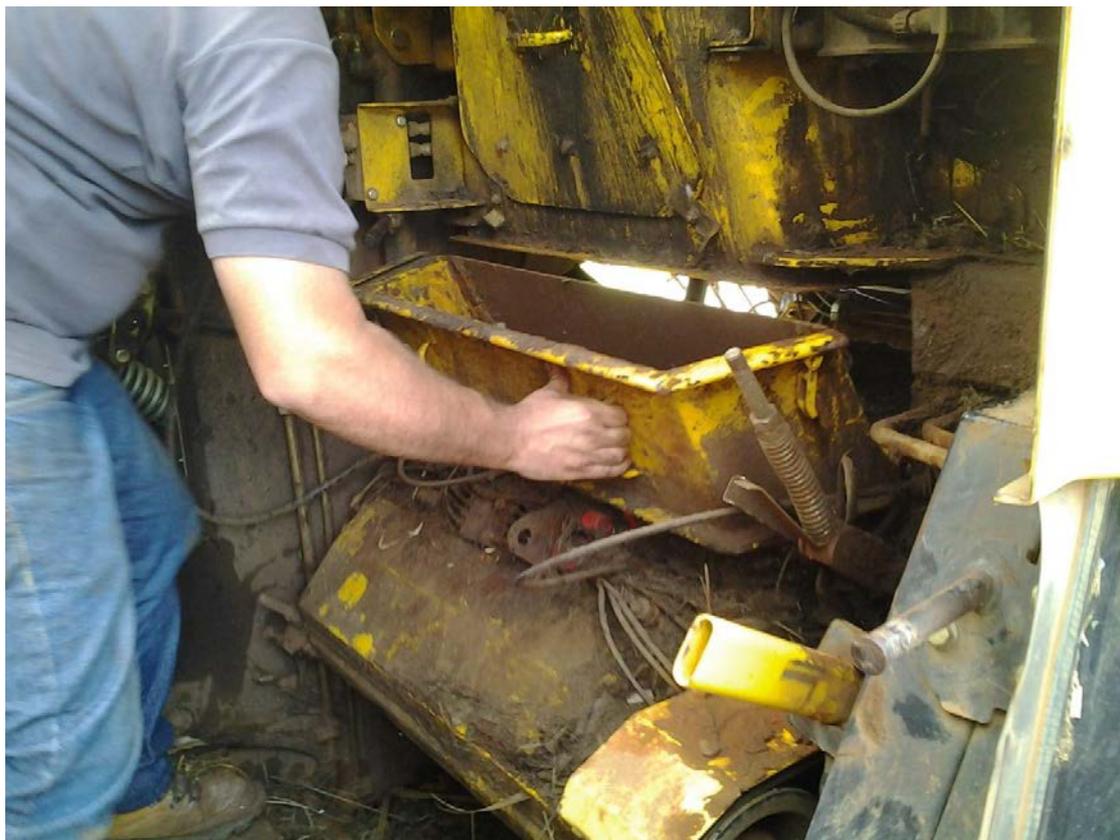


Figura 2. “Espaçador”.



Figura 3. Acoplamento da peça no sistema da colhedora forrageira.

5.1.3.2 Equipamentos agrícolas

- Pulverizador marca Jacto modelo Falcon Vortex com capacidade de 600 L e barra de 14 m equipada com 29 pontas, espaçados em 0,5 m;
- Cultivador de plantio direto Marchesan modelo CPD, montado, para aplicação do fertilizante Ureia em quatro linhas de milho;
- Grade Marchesan modelo GAICR com 20 discos recortados em ambas às seções, espaçados em 0,27 m, 28 polegadas de diâmetro, largura de corte de 2,57 m, e profundidade de trabalho de 0,12 a 0,20 m e massa total de 2272 kg, durante o preparo da área do ensaio para a semeadura da cultura foram realizadas gradagens, para uma melhor quebra dos torrões de solo.
- Semeadora – Adubadora de precisão, marca Jumil, modelo 3060 PD Magnum, de arrasto, acionamento por controle remoto com 4 linhas espaçadas de 0,85 m, cada unidade semeadora é provida de discos de corte lisos frontais; com os mecanismos sulcadores do tipo disco duplos defasados para fertilizantes; e discos duplos para sementes com mecanismo dosador tipo disco perfurado horizontal; rodas controladoras de profundidade, roda compactadora em “V”.

5.1.4 Insumos

5.1.4.1 Sementes

As semente utilizada foi o híbrido 2B 587PW. O material é um híbrido simples modificados de ciclo precoce, semi-dentado, de aproximadamente 130 dias em regiões acima de 700 metros de altitude. Pertencente à empresa Dow AgroSciences, com população recomendada de 68000 plantas por hectare, o espaçamento entre fileiras de plantio realizado foi de 0,85m onde foi obtido uma população final de 62350 plantas por hectare.

5.1.4.2 Fertilizantes

Para a adubação de base foi utilizado 300 kg.ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16 (N, P2O5, K2O) e na adubação de cobertura 300 kg.ha⁻¹ de uréia, divididos em duas aplicações de 150 kg.ha⁻¹ cada.

5.1.4.3 Determinação da massa seca das plantas de milho.

Para determinação desse parâmetro, foram utilizados trena graduada em centímetros, tesoura de poda, sacos de papel, estufa elétrica com circulação forçada de ar e balança de precisão (0,01 g). Para a determinação da produtividade foram feitas 3 amostragens das plantas a 0,20 m do solo em 1,20 m de linha, correspondendo assim a 1m². Para a mensuração de quantidade de grãos na silagem realizou-se separações manuais nas amostras.

5.1.4.4 Determinação de altura de plantas, altura de inserção de espiga

Para a determinação da altura das plantas e altura de inserção da primeira espiga foi utilizado uma fita métrica com três metros de comprimento fixados em um sarrafo de madeira. Figura 4.

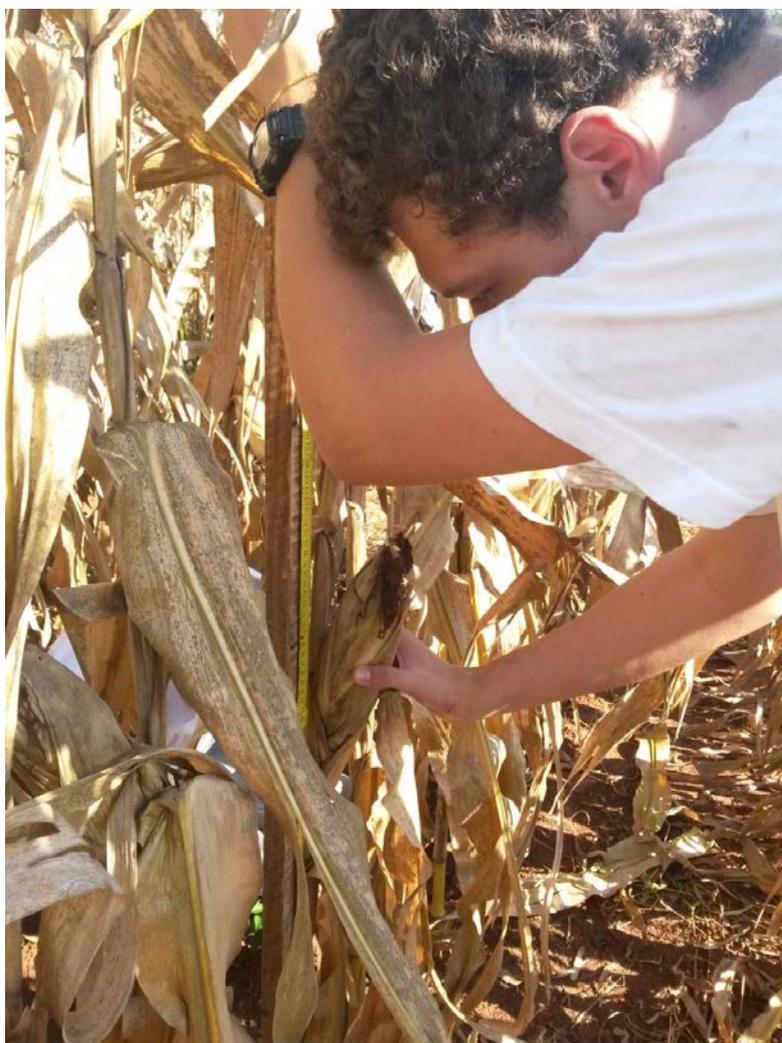


Figura 4. Coleta de dados de altura de espiga e planta.

5.1.4.5 Determinação do diâmetro do colmo

Para determinar o diâmetro do colmo das plantas utilizou-se um paquímetro digital marca Messen com precisão de 0,01mm. Figura 5.



Figura 5. Coleta de dados de diâmetro do colmo.

5.1.4.6 Sistema de aquisição de dados

Os dados foram coletados de duas maneiras, através do sistema operacional integrado da própria colhedora de forragem e anotados e também com uso de cronômetros (para os dados de tempo de operação). Os dados coletados foram de consumo horário de combustível, velocidades de deslocamento, e rotação. O sistema de aquisição de

dados foi acionado mediante balizamento no início e no final de cada parcela, onde era zerado a cada intervalo para melhor precisão dos dados.

5.2 Métodos

5.2.1 Delineamento experimental.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas, em que cada faixa variava o tamanho de processamento de partículas visando os tamanhos de (5,10, 15, 20, 25 e 30 mm) com uso do rotor CrossOver Ligado (RL) e Desligado (RD), sendo realizadas sete repetições dentro de cada faixa. Cada uma das parcelas possuía 15 metros de comprimento por 6 metros de largura.

5.2.2 Instalação e condução do experimento no campo

O cronograma das atividades da instalação, condução e avaliações realizadas no experimento são apresentados abaixo.

Cronologia das atividades realizadas na condução da cultura.

28/11/13 Semeadura do milho;

11/12/13 Aplicação de herbicidas pós-emergente;

17/12/13 Adubação em cobertura;

17/04/14 Determinação das características agrônômicas do milho;

23/04/14 Determinação da população final

23/04/14 Determinação da produção de massa seca, teor de água na planta;

24/04/14 Colheita mecanizada da silagem de milho. Figura 6.



Figura 6. Operação da colhedora forrageira.

5.2.3 Características agronômicas da cultura do milho

O diâmetro médio do colmo, a altura média de inserção da primeira espiga e a altura média das plantas de milho, foram determinados, aleatoriamente, em três repetições em que eram coletados 3m² de planta de cada parcela experimental. Para a altura das plantas, mediu-se a distância da superfície do solo à inserção da folha bandeira no colmo das plantas, enquanto que, para a altura de inserção de primeira espiga, mediu-se a distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira espiga.

5.2.4 Determinação da população inicial e final de plantas e produção de Planta inteira e grãos do milho

Foi realizada a avaliação da população inicial de plantas, contando-se as plantas presentes em 2 linhas de 4 metros de comprimento (10,32 m²) por parcela, 15 dias após a semeadura. A população final de plantas foi determinada no mesmo local da população inicial, contando as plantas na época da colheita. Para a determinação da produtividade de grãos e massa de planta de milho, foram colhidas as plantas de 2 linhas de 3 metros por amostragem, sendo realizadas 3 repetições aleatoriamente dentro de cada faixa na área experimental. As espigas foram trilhadas manualmente para a separação dos grãos e palha, que foram pesados separadamente. Foram retiradas amostras de grãos para a determinação de umidade e a massa de grãos, que foi corrigido para a umidade de 13% (umidade de armazenamento e comercialização). Após a pesagem da massa verde, foram

retiradas amostras de aproximadamente 200 gramas e levadas à estufa a 65°C e secadas até atingir peso constante, quando foram pesadas novamente para determinação do teor de matéria seca. Multiplicando-se este valor de matéria seca pela produção, foi estimada a produção de massa seca por hectare.

5.2.5 Determinação da velocidade de deslocamento

A velocidade de deslocamento foi calculada com duas metodologias, por meio da frequência de aquisição de dados do sistema operacional da colhedora forrageira e com a utilização de cronômetros. O tempo gasto para percorrer cada parcela sob o intervalo de tempo, em segundos:

$$V = \frac{L}{\Delta t} \times 3,6$$

(1)

Em que:

V = velocidade de deslocamento do conjunto trator equipamento (km h^{-1});

L = comprimento da parcela experimental (m);

Δt = tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s);

3,6 = fator de conversão.

5.2.6 Consumo horário de combustível (L h^{-1})

O consumo horário de combustível foi quantificado por meio do sistema de aquisição de dados do sistema operacional da colhedora forrageira pela equação:

$$Ch = \frac{3,6 \times Cc}{Tp}$$

(2)

Em que:

Ch = Consumo horário de combustível: L h^{-1} ;

3,6 = fator correção;

Cc = consumo de combustível por parcela em litros;

Tp = tempo gasto por parcela em segundos.

5.2.7 Consumo de combustível por área (L ha⁻¹)

O consumo de combustível por área foi quantificado por meio do sistema de aquisição de dados do sistema operacional da colhedora forrageira pela equação:

$$Cha = Ch \times CO \quad (3)$$

Em que:

Cha= Consumo de combustível por área trabalhada em L ha⁻¹;

Ch= Consumo horário em L h⁻¹;

3,6= fator correção;

CO= tempo gasto por hectare.

5.2.8 Consumo de combustível por quilograma de massa seca CMS (L KgMS⁻¹)

O consumo horário de combustível foi quantificado por meio da equação:

$$CMS = Cha \times \frac{KgMS}{ha} \quad (4)$$

Em que:

CMS= Consumo por massa seca por L kgMS⁻¹;

Cha= Consumo de combustível/hectare em L ha⁻¹;

kgMS/ha= kg de massa seca útil colhida por hectare em kg.

5.2.9 Potencia Teórica pelo combustível (KW)

A potência teórica foi quantificada após análise do poder calorífico do combustível em laboratório pela equação:

$$Pt = \frac{(Ch \times 0,852 \times Pc \times eq)}{3600 \times 75 \times 1,36} \quad (5)$$

Em que:

Pt = potência teórica (KW);

Ch = consumo horário de combustível (L h⁻¹);

0,852 = massa específica do combustível (kg L⁻¹) (MIALHE, 1980);

Pc = 10110 kcal kg⁻¹, poder calorífico do combustível (MIALHE, 1980);

Eq = 427 kgm kcal⁻¹, equivalente mecânico do calor;

3600 = segundos por hora;

75 = kg x m por cv;

1,36 = fator de conversão.

5.2.10 Potencia Efetiva

(6)

$$Pe = \frac{(0,34 \times Pt)}{1,36}$$

Em que:

Pe = potência efetiva (kW);

0,34 = rendimento térmico mecânico (MIALHE, 1980);

Pt = potência teórica (cv);

1,36 = fator de conversão.

5.2.11 Capacidade Operacional

(7)

$$Co = \frac{\frac{Tp}{A} \times B}{3600}$$

Em que:

Co = Capacidade Operacional em ha.h⁻¹;

Tp: tempo percorrido por parcela em segundos;

A: tamanho da parcela em metros;

B: metros de linha/ha (no caso 1666,66, considerando a plataforma de colheita de 6 metros);

3600: segundos em uma hora.

Ao final da colheita de cada faixa, que corresponde a um tratamento (seis tamanhos de partículas, com Rotor CrossOver Ligado e Desligado), foram separadas 4 amostras, sendo elas do menor e maior tamanho de partícula (5 e 30 mm) com o rotor ligado e desligado (Figura 8) , o material foi ensilado em barris plásticos de 100 litros que foram compactados, fechados e armazenados por 53 dias para posteriores análises e mensuração dos tamanhos de partículas, pelo método Penn State Forage Particle Separator de acordo com KONONOFF et al. (2003), sendo coletadas cinco repetições por tratamento (barril), contendo aproximadamente 250 gramas cada, o resultado e mostrado na tabela 2.

Tabela 2: Resultados Pen-State.

5mm com rotor desligado - 5D					
Repetição	1	2	3	4	5
Fundo (g)	10	10	14	10	12
Peneira 1 (g)	68	72	84	90	88
Peneira 2 (g)	90	94	106	94	100
Peneira 3 (g)	20	20	14	10	8
Peso Total (g)	189	198	221	208	213
5mm com rotor ligado - 5L					
Repetição	1	2	3	4	5
Fundo (g)	12	12	16	16	12
Peneira 1 (g)	86	82	126	100	74
Peneira 2 (g)	88	104	132	128	82
Peneira 3 (g)	10	14	10	16	12
Peso Total (g)	197	214	287	264	185
30mm com rotor desligado - 30D					
Repetição	1	2	3	4	5
Fundo (g)	4	4	2	2	2
Peneira 1 (g)	34	30	28	32	16
Peneira 2 (g)	114	104	102	114	66
Peneira 3 (g)	76	60	64	66	54
Peso Total (g)	229	200	199	218	143
30mm com rotor ligado - 30L					
Repetição	1	2	3	4	5
Fundo (g)	4	6	4	4	2
Peneira 1 (g)	24	32	32	32	24
Peneira 2 (g)	100	126	80	92	72
Peneira 3 (g)	78	78	70	82	48
Peso Total (g)	207	244	189	214	151



Figura 7. Seleção dos tratamentos de maior e menor tamanho de partícula (5 e 30 mm) com o rotor ligado e desligado para ensilagem em barril.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas em esquema de parcelas subdivididas que foi analisado pelo SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.0 (UFV, 2000), utilizando-se de análise de variância, com médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados são apresentados de acordo com a condução do experimento. As tabelas onde são apresentados os valores onde as médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha, e letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

6.1 Características agronômicas da cultura do milho

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios das características agronômicas da cultura do milho.

Tabela 3. Valores médios de diâmetro do colmo (m); altura da planta (m) e altura de inserção da primeira espiga (m), e número de fileiras de grãos de milho na espiga na cultura do milho.

Variáveis Analisadas	Valores Médios
Altura da Planta (m)	1,66
Altura da Espiga (m)	0,95
Diâmetro do Colmo (cm)	2,1
Nº de Fileiras	12

6.2 Populações de plantas inicial e final, produtividades de massa seca e de grãos de milho

Os valores da população inicial de plantas de milho, apresentado na tabela 4 encontram-se de acordo com as recomendações do híbrido utilizado, porém na época de condução da cultura a mesma sofreu uma estiagem, e devido à falta de água em períodos críticos para a acultura acabou-se obtendo a população final abaixo do ideal, o que conseqüentemente alterou a produtividade tanto de massa seca como de planta que em condições ideais seria mais elevada. Segundo EMBRAPA, 1993 visto que um dos grandes motivos da baixa produtividade das lavouras brasileira está associado ao baixo índice de plantas por unidade de área.

Tabela 4. Valores médios de população inicial e final de plantas por hectares; produtividades de massa seca (kg ha^{-1}) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}), na cultura do milho.

Variáveis Analisadas	Valores Médios
População Inicial (pl/ ha^{-1})	62273
População Final (pl/ ha^{-1})	59442
Produção Massa úmida (kg/ ha^{-1})	1366,7
Produção Grãos Úmidos (kg/ ha^{-1})	6436,2
Produção Massa Seca (kg/ ha^{-1})	7208
Produção Grãos secos (kg/ ha^{-1})	3211,3

A produtividade da cultura do milho é fator importante quanto à diluição dos custos no processo de ensilagem, pois quanto mais produtiva a área plantada, menores são os custos por kg de massa seca produzida.

6.3 Velocidades da operação de colheita de silagem

Mesmo trabalhando-se em uma rotação fixa de trabalho de 2100 Rotações por Minuto (RPM), observou-se um aumento da velocidade de operação conforme se aumentou o tamanho de partícula processada no sistema. Esta variação se

mostrou presente em ambos os sistemas de utilização ou não do rotor. Factori 2011 observou em relação ao tamanho de partícula, que a velocidade tornou-se maior em maturidades mais avançadas de colheita, e à medida que aumentou o tamanho de partícula (TP). Conforme mostrado essas velocidades na tabela 5.

Tabela 5. Médias de velocidade (Km/ h⁻¹) durante a operação de colheita de silagem conforme o tamanho de partícula e uso do rotor.

Tamanho de Partícula (mm)	Ligado	Desligado
	Média	Média
5	3,35 Bbc	5,31 Ab
10	4,70 Bab	5,7 Ab
15	5,83 Aa	5,82 Ab
20	5,84 Aa	6,38 Aab
25	5,98 Aa	6,54 Aab
30	6,11 Aa	6,69 Aab
cv	0,2262	0,2164
F interação	3,58	
Dms/linha	0,010	
Dms/coluna	0,014	

Segundo Garbuio 2008, a velocidade de operação está diretamente ligada à taxa de alimentação e processamento da massa pela colhedora, onde podemos observar que em ambas as formas de processamento e nos dois menores tamanhos de partícula a velocidade acabou reduzida devido ao maior processamento exigido.

Com o rotor desligado acabou-se não mostrando diferença significativa entre os diferentes tamanhos de partículas, isso devido compensação de um único rotor conseguir processar a massa em uma velocidade adequada sem outra demanda de energia.

Constatou-se no ensaio que a grande potência oferecida pela colhedora forrageira a partir do tamanho intermediário de partícula manteve semelhante à velocidade, isso independentemente do uso do rotor, o que se mostra interessante para o

produtor. Teodoro et al 13 obteve resultados semelhantes em colheita de milho para silagem com colhedora de forragem montada.

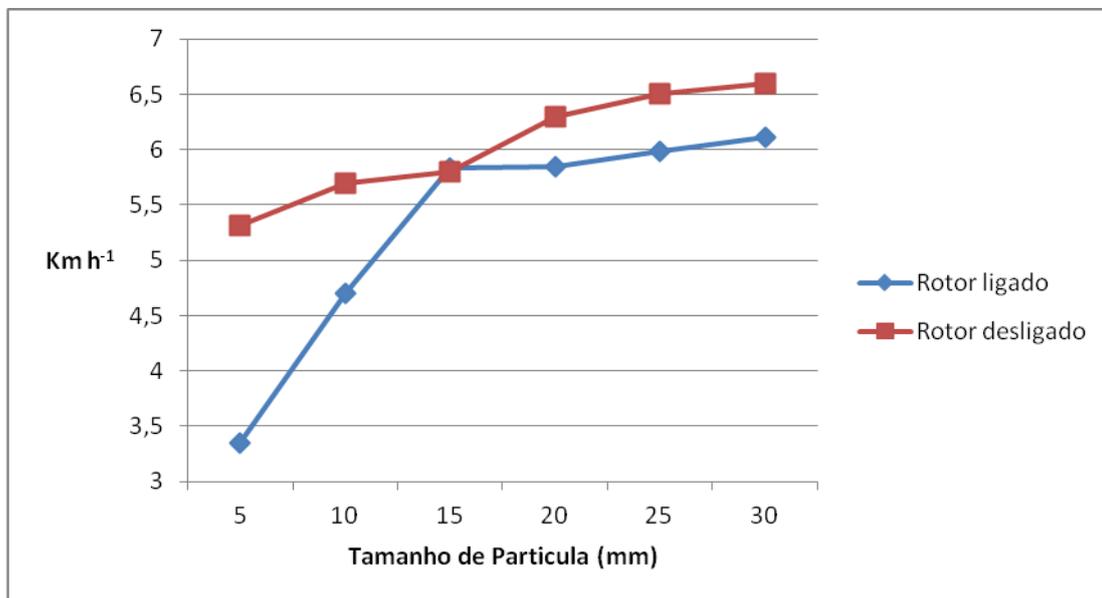


Figura 8. Medias de velocidade em (Km/ h⁻¹) durante a operação de colheita de silagem conforme o tamanho de partícula e uso do rotor.

Constatou-se que o deslocamento da máquina sem o uso do rotor mesmo no menor tamanho de partícula, já iniciou em uma velocidade maior do que alguns tamanhos sem o uso do rotor. Verificou-se que a velocidade sofreu maior alteração no tratamento com o rotor ligado e nos menores tamanhos de partículas, onde a partir do TP de 15 mm velocidade de corte da máquina estabilizou a velocidade próxima a uma constante, o que se iniciou no mesmo tamanho de partícula com o rotor desligado, isso devido a exigência de menos potência.

6.4 Consumo horário de combustível (L h⁻¹)

Os valores obtidos na coleta de dados do consumo de combustível pela colhedora dentro do período de uma hora se mostraram mais elevados que os padrões esperados pelos produtores, isto devido a maior parte do maquinário utilizado ser de menor porte e mais utilizado em menores propriedades, mas é importante ressaltar que o consumo horário é viabilizado pela capacidade da operação neste mesmo período de tempo. Apesar de mostrar diferença estatística significativa entre os tamanhos de partículas

dentro do mesmo modo de funcionamento do rotor, observa-se que há um decréscimo do consumo a medida que o tamanho do fragmento aumenta.

Tabela 6. Consumo de combustível em litros por hora ($l\ h^{-1}$) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.

Tamanho de Partícula (mm)	Ligado	Desligado
	Média	Média
5	91,19 Ba	68,26 Ab
10	91,25 Ba	73,35 Ab
15	84,00 Aa	78,44 Ab
20	81,43 Aa	80,20 Aab
25	78,65 Aa	81,95 Aab
30	76,36 Aa	83,71 Aab
cv	0,2674	0,28
F interação	5,41	
dms linha	16,60	
dms coluna	23,29	

O consumo de combustível por hora mostrou que quando utilizado o rotor o consumo foi diminuindo devido ao processamento manter uma estabilidade no ciclo de picagem de acordo com o aumento do tamanho da partícula. Porém no caso do rotor desligado, como não há a utilização de outro processo, mais energia é demandada para que um rotor mantenha a mesma faixa e constante de trabalho.

A partir do tamanho de partícula de 15 mm a colhedora não mostra diferença estatística significativa em seu consumo mesmo quando se chega ao tamanho de partícula de 30 mm. Este fator significa ao produtor que o uso do rotor se torna vantajoso, garantindo assim melhor uniformidade do tamanho da partícula desejada sem aumento no consumo para sua utilização.

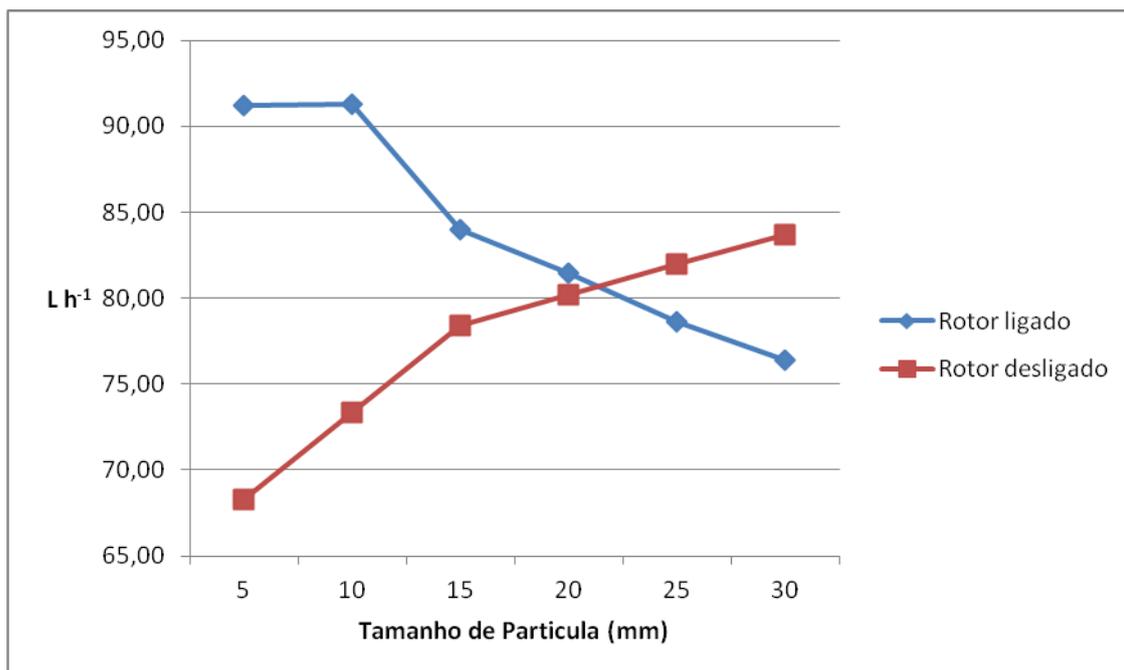


Figura 10. Consumo de combustível em litros por hora ($L h^{-1}$) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.

Observa-se que a partir do tamanho de partícula de 15 mm o consumo se torna muito semelhante mesmo com a utilização do rotor é igual até 30 mm.

Outro fator muito interessante a ser observado e que o consumo do combustível por hora diminui e a velocidade aumenta quando o rotor esta ligado, isso esta relacionado devido ao aumento gradativo do tamanho de partícula processada.

6.5 Consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$)

Os valores obtidos na coleta de dados do consumo de combustível pela colhedora dentro de uma unidade de medida de área mostram diferença estatística significante entre os tamanhos de partículas dentro do mesmo modo de funcionamento do rotor observaram que há decréscimo do consumo de acordo que o tamanho do fragmento aumenta.

O consumo de combustível na área mostrou-se reduzido em relação ao consumo por hora devido ao fato de que a colhedora avaliada ter grande eficiência e rendimento operacional.

Observou-se também que o resultado comportou-se de forma semelhante estatisticamente em relação ao consumo de combustível por hora, pois em ambos os casos o tamanho de partículas não teve grande influência no consumo de combustível no quesito área.

Tabela 7. Consumo de combustível em litros por hectare ($L ha^{-1}$) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.

Tamanho de Partícula (mm)	Ligado	Desligado
	Média	Média
5	39,81 Aab	21,69 Bb
10	33,55 Abc	22,45 Ab
15	22,93 Ac	23,20 Ab
20	23,15Ac	24,66 Abc
25	23,47 Ac	26,13 Aab
30	23,00 Ac	27,59 Aab
cv	0,5828	0,50
F interação	5,41	
dms linha	16,60	
dms coluna	23,29	

Este resultado se mostra de muita importância para o produtor pois mostra que o gasto com combustível da máquina é compensado pela eficiência da mesma e sem perda de qualidade, podendo trabalhar com vários tamanhos de partículas sem grandes diferenças no uso do sistema, acima de 15 mm.

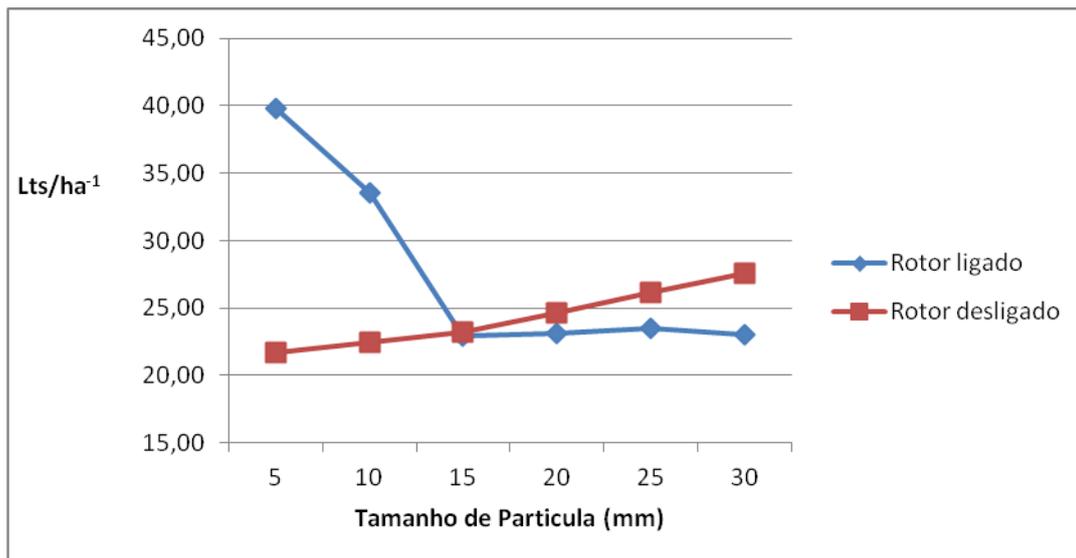


Figura 10. Consumo de combustível em litros por hectare ($l\ ha^{-1}$) em função do tamanho de partícula e do rotor ligado e desligado.

6.6 Consumo de combustível por quilograma de massa seca ($CMS\ L\ KgMS^{-1}$)

A produtividade da cultura do milho é um fator determinante para a diluição dos custos envolvidos no processo de ensilagem, pois quanto mais produtiva a área menores serão os custos por kg de massa seca colhida (Seki 2007 e Factori 2011). A região, incluindo a área onde foi conduzido o ensaio acabou não recebendo o índice de água ideal para uma boa formação da cultura, o que revelou resultado que se distinguem da média normalmente encontrada, isso se deve ao fato de que a cultura não obteve um desenvolvimento pleno de sua estrutura fisiológica e morfológica, o que resultou em um desequilíbrio no $CMS\ L\ KgMS^{-1}$.

Tabela 8. Consumo de combustível por quilograma de massa seca (CMS) de milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

Tamanho de Partícula (mm)	Ligado	Desligado
	Média	Média
5	0,04464 Aab	0,0379 Bc
10	0,04174 Abc	0,0385 Ac
15	0,03883 Ac	0,0391 Ac
20	0,03909 Ac	0,0407 Abc
25	0,03933 Ac	0,0414 Abc
30	0,03870 Ac	0,0425 Abc
cv	0,2732	0,2397
F interação	6,18	
Dms/linha	0,010	
Dms/coluna	0,014	

Observamos que apenas para o menor tamanho de partícula houve diferença estatística significativa entre ambos os tratamentos. Factori (2014) encontrou valores menores em seu ensaio com diferentes híbridos e estágio de maturidade do milho, encontrando também um decréscimo conforme o aumento do tamanho de partícula.

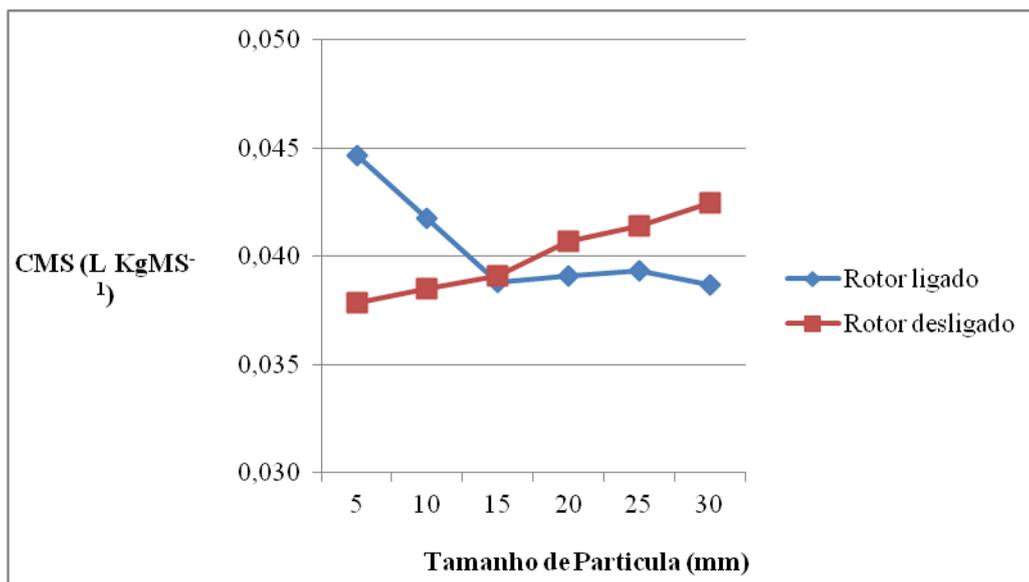


Figura 11. Consumo de combustível por quilograma de massa seca (CMS) de milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

6.7 Potência Teórica (PT Kw)

Tabela 9. Potência teórica obtida através da análise do poder de queima do combustível durante a operação em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

Tamanho de Partícula (mm)	Ligado	Desligado
	Média	Média
5	425,40 Ba	318,46 Ac
10	425,70 Aa	342,21 Bc
15	366,91 Aa	365,95 Ac
20	365,14 Aa	374,76 Ac
25	358,54 Aa	382,94 Ac
30	356,24 Aa	390,50 Ac
cv	0,27	0,28
F interação	5,10	
dms linha	264,40	
dms coluna	367,51	

Na potência teórica os valores obtidos se mostraram sem diferença estatística entre os tamanhos de partículas e onde apenas os menores tamanho de partícula se diferenciaram dos demais, onde a partir do tamanho de 15 mm a máquina não precisou variar muito a demanda de energia.

Esta baixa variação encontrada pode ser justificada pela grande potência que o motor da máquina dispõe (585CV) para sua movimentação e para realização de seu trabalho. Devido a esta grande potência disponível as partículas de milho processadas, mesmo em diferentes tamanhos foram pouco significativas na exigência da potencia teórica.

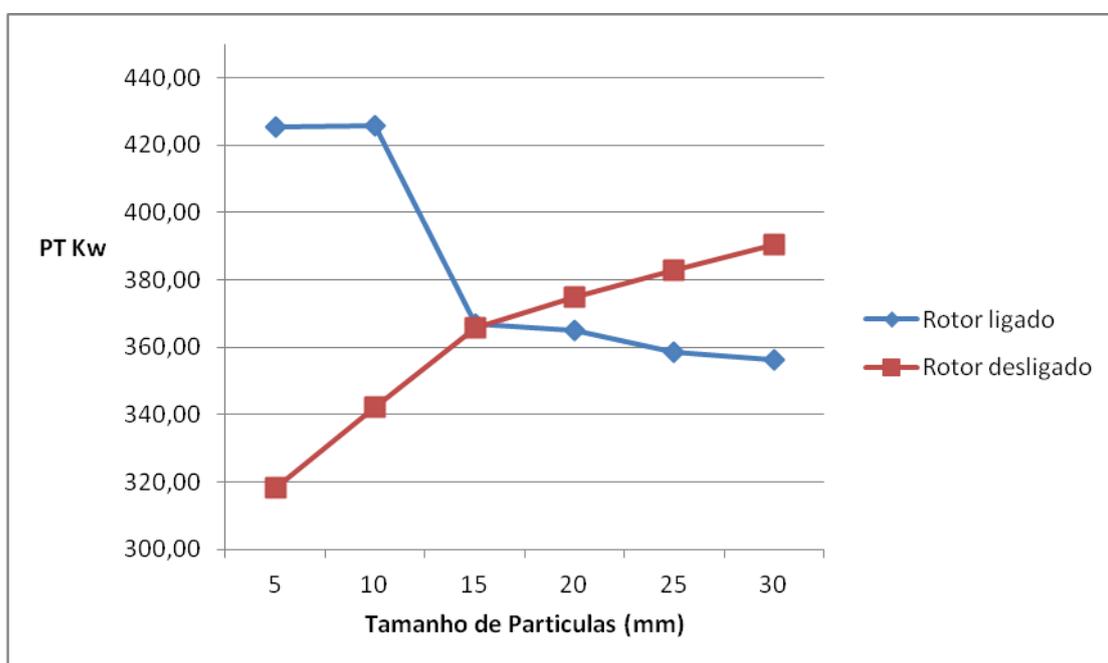


Figura 12. Potência teórica obtida através da análise do poder de queima do combustível utilizado na máquina durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

6.8 Potência Efetiva (PE Kw)

A potência efetiva calculada se mostrou bem condizente com a potência teórica calculada primeiramente, onde os resultados mantiveram um padrão bem próximo. Observou-se também que a potência demandada não mudou quanto o esperado. Na potência efetiva observa-se uma curva mais uniforme no tratamento com o rotor ligado, o que nos mostra que se proporciona uma operação mais homogênea durante o processo de colheita da forragem.

Tabela 10. Potência Efetiva por meio da análise do poder de queima do combustível utilizado na máquina durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

Tamanho de Partícula (mm)	Ligado	Desligado
	Média	Média
5	319,05 Ba	238,85 Ac
10	319,28 Aa	256,65 Bc
15	293,91 Aa	274,46 Ac
20	284,85 Aa	280,58 Abc
25	275,19 Aa	286,69 Abc
30	267,18 Aa	292,89 Abc
cv	0,27	0,28
F interação	5,10	
dms linha	66,10	
dms coluna	91,88	

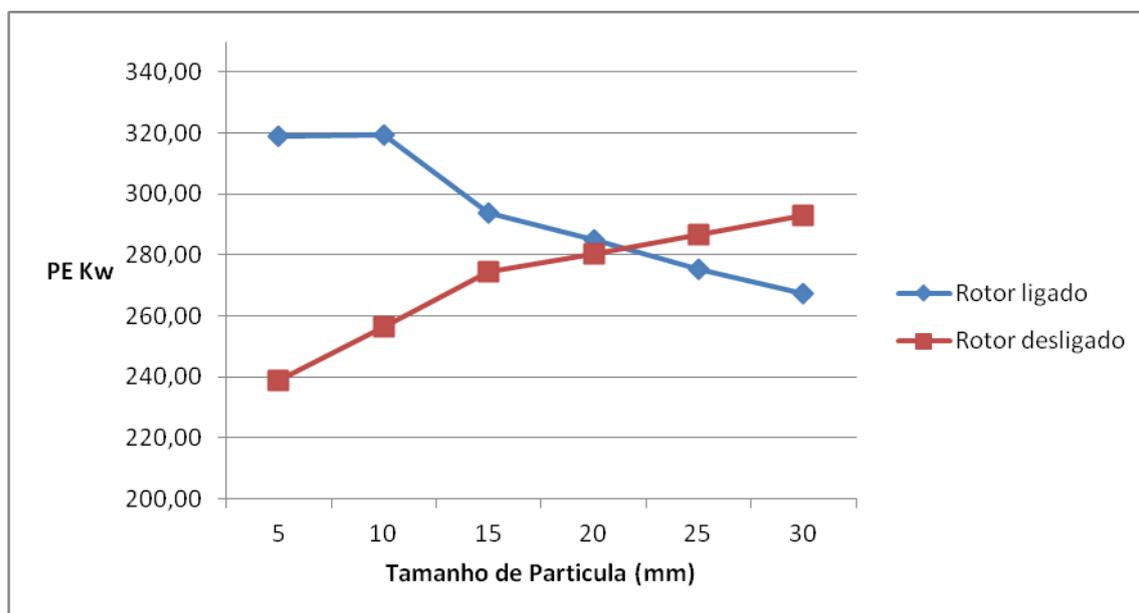


Figura 13. Potência Efetiva através da análise do poder de queima do combustível utilizado na máquina durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

6.9 Capacidade Operacional (CO ha.h⁻¹)

No quesito capacidade operacional a colhedora forrageira apresentou resultados satisfatórios em todos os tratamentos, isso devido ao seu grande porte e alta potência para a realização da operação de corte da cultura para silagem, onde se observou que no tratamento utilizando o rotor a CO dobrou entre os extremos de tamanho de partícula processada avaliados, e com o rotor desligado a CO os tamanhos de partícula não sofreram variância estatística significativa.

Contatou-se também que o quesito CO e Velocidade estão diretamente ligados, indicando os mesmos índices de picos entre os tratamentos.

Tabela 11. Capacidade Operacional da Colhedora de forragem em ha.h⁻¹ durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

Tamanho de Partícula (mm)	Ligado	Desligado
	Média	Média
5	1,80 Bc	3,13 Aa
10	2,78 Bbc	3,23 Aa
15	3,45 Aa	3,45 Aa
20	3,57 Aa	3,50 Ba
25	3,57 Aa	3,57 Aa
30	3,59 Aa	3,63 Aa
cv	0,36	0,23
F interação	7,19	
dms linha	0,10	
dms coluna	0,15	

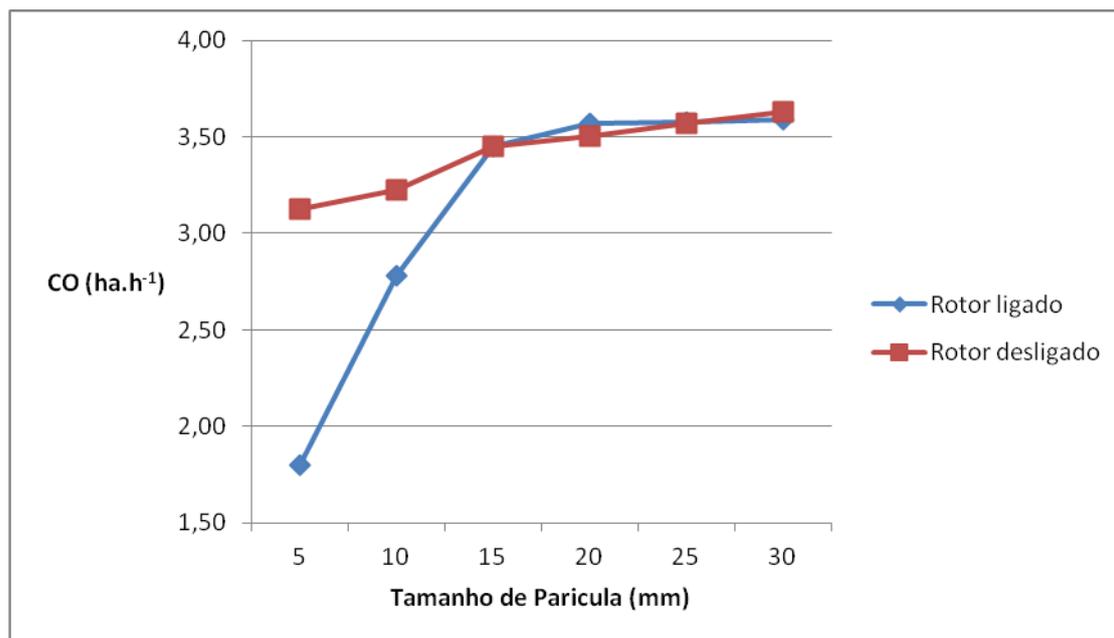


Figura 14. Capacidade Operacional da Colhedora de forragem em ha.h⁻¹ durante a operação e coleta de dados milho em função do tamanho da partícula e do rotor ligado e desligado.

7 CONCLUSÕES

A utilização de colhedoras forrageiras automotrizes no processo de ensilagem é indicada por possuir alta eficiência na colheita, principalmente com o uso do processador nos tamanhos de partícula entre 15 e 30 mm perante os parâmetros avaliados no presente experimento.

A partir do tamanho partícula de 15mm observa-se em todos os casos que os valores obtidos diferem minimamente entre si e entre eles há tratamentos que não possuem diferença estatística significativa entre si, independente do rotor ligado ou desligado.

O uso do rotor provou ser vantajoso, pois mostrou igualmente viável sua utilização em tamanhos de partículas que são mais utilizadas pelos produtores (a partir de 11 mm).

Partículas maiores dão melhor capacidade operacional e menor consumo.

O tratamento de tamanho de partícula de 5 mm com rotor se mostrou ser o mais exigente em todos os quesitos avaliados.

8 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural Machinery Management Data. In: **ASAE standards 1996**: standards engineering practices data. St. Joseph, 1996. p. 332-9. (ASAE D-497.2).

AGEITEC. Agencia Embrapa de Informação Tecnológica.

Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3j537ooi.html>. Acesso em 21 de fevereiro de 2015.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; JIROVEC, A.G.; SHINNERS, K.J; COORS, J.G. Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 8, 1264-1273, 2000.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo, SP: Manole, 1990. 307p.

BEAUCHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A.; DONG, Y.; FARR, B.I.; CHENG, K.J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, Stanford, V. 72, n.1, p. 236-246, 1994.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Avaliação da safra de grãos 2005/2006. Terceiro levantamento – Janeiro 2006.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em: Maio 14.

CONCEIÇÃO, E. P. **Consumo de energia no processamento de milho (*Zea mays* (L) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em moinhos a martelos.** Botucatu, 1984. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

COSTA, C.; ARRIGONI, M. D. B. e SILVEIRA, A. C. Custos de silagem de grãos úmidos demilho. *Boletim do Leite*, CEPEA: FEALQ, ano 5, n.51, p.2, 1998.

COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7.,1999, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 69-87.

COSTA, C. **Valor alimentício e aspectos econômicos de volumosos e de grãos de milho ensilados e seco no confinamento de bovinos criados no sistema superprecoce.** Botucatu,2001. 69 f. Tese (livre docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000.360p.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA – CNPMS 1991. p(Circular Técnica, 14).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa – CNPSO, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para a cultura do milho.** Brasília, 1993, p.204.

FACTORI, M.A. et. al. **Consumo de combustível em função da textura do híbrido de milho e estágio de colheita na ensilagem.** V Simpósio de Ciências da UNESP – Dracena. VI Encontro de Zootecnia – UNESP Dracena Dracena, 22 a 24 de setembro de 2009.

FACTORI, M.A; et al. **Demanda energética na colheita de híbridos de milho para silagem em função do estágio de maturidade e tamanho de partícula.** Biosci. J., Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 363-371, Mar./Apr. 2014.

GALAN, V. B. **Custos da silagem de milho em plantio direto.** Boletim do Leite. CEPE: FEALQ. Ano 5, n.54, p.3, 1998.

GARBUIO et al. Regulagens e velocidades de uma colhedora de forragem na ensilagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) **R. Bras. Agrocência, Pelotas**, v.14, n.2, p.383-390, abr-jun, 2008

GARCIA, Ricardo Ferreira. **Tratores agrícolas.** 2014.

GARCIA, R. F.; QUEIROZ, D. M.; FERNANDES, H. C.; PETERNELLI, I. A. Desempenho operacional de conjunto trator – recolhadora de feijão. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p. 199-206, 2005. (CD-ROM).

GARCIA, R. F.; QUEIROZ, D. M.; PEREIRA DIAS, G. Análise de tensões na faca de corte de uma colhedora de forragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 219-223, 1998.

GREEN, M. K.; STOUT, B. A.; SEARCY, S. W. Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.2, p.346, 1985.

GUISCHEM, J. M. **Influencia de características morfológicas e químicas da espiga na perda de água do fruto de milho (*Zea mays* L.)** Botucatu, 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 101-119, 2007. Suplemento especial.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n.5, p.1858-1863, 2003.

KUEHN, C.S.; LINN, J.G.; JUNG, H.G. Effect of corn silage chop length on intake, milk production, and milk composition of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, 219 (Abstract), 1997.

LOPES, R. P.; AFONSO, A. D. L.; SILVA, J. S. Energia no pré-processamento de produtos agrícolas. In: SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS. Viçosa: UFV. 2000, CD-ROM.

LOPES, A. B. R. C. Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos em fase inicial. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36.,1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gnosis, 1999 a. p.224.

LOPES, A. B. R. C. Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases crescimento e terminação. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA,36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gnosis, 1999 b. p.225.

MARTINS, D. F.; SCHLOSSER, J. F.; WERNER, V. et al. Granulometria do picado produzido por uma colhedora de forragem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34, 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. (CD Rom).

MELO FILHO, G.A., RICHETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. In: EMBRAPA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: Embrapa – CPAO, 1997. p. 13-38.

MELO, W. M. C.; PINHO, R. G. V.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de cultivares de

milho para produção de silagem na região de Lavras – MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 23, n. 1, p.31-39, 1999.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301 p

MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, v.1, 289 p. 1980.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas ensaios e certificação**. Piracicaba, FEALQ, 1996. 722p.

NEUMANN, M.; SANDINI, I.E.; OST, P.R.; FALBO, M.K.; LUSTOSA, S.B.B.; PELLEGRINI, L.G.; Desempenho de novilhos confinados alimentados com silagens de milho ou sorgo, associados a três níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Santa Maria, V. 6, n. 3, p. 365-378, 2007.

NEUMANN, M.; MUHLBACH, P.R.F.; NORNBORG, J.L.; OST, P.R.; RESTLE, J.; SANDINI, I.E.; ROMANO, M.A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silo sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 847-854, maio/jun. 2007.

NUSSIO, L. G. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A.L. (Coord.) **Milho**. Piracicaba: USP, ESALQ, Depto. De Agricultura / FEALQ, 1990. 88p.

OLIVEIRA, M.N.; Bezerra, R. **Cultura do Milho**. XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2013 – UFRPE: Recife, 09 a 13 de dezembro.

PIEIDADE JR., C.; BENEZ, S. H.; ALMEIDA NETO, J. T. P. Processamento de milho em moinhos a martelos. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1980, Campinas. **Anais...** Campinas, 1980 p. 449-463.

PEIXOTO, A. M; et al. Enciclopédia Agrícola Brasileira, Vol 2 C-D / São Paulo: Editora da Universidade De São Paulo, 1998.

RAMOS, F.J.G. Remolque salto carga dores y cosechadoras de forraje. **Revista Vida Rural**. N. 208, p. 76-81, 2005. Disponível em: <http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural%5CVrural_2005_208_76_81.pdf>. Acesso em 25 Novembro de 2014.

RIPPEL, C.; JORDAN, E. STOKES, S. Evaluating Particle Size in Texas TMRs. **Professional Animal Scientist**, Savoy, v.14, n.1 , p. 20-29, 1998.

SCHLOSSER, J.F.; DORNELLES, M.E.; PINHEIRO, E.D.; DURIGON, R.; RUSSINI, A. Uniformidade de picado processado por colhedora de forragem. **ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Jaboticabal, v. 30, n.2, p. 299-306, 2010.

SCHWAB, E. C.; SHAVER, R. D.; SHINNERS, K. J. et al. Processing and Chop Length Effects in Brown-Midrib Corn Silage on Intake, Digestion, and Milk Production by Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. Savoy, v. 85, p.613-623. 2002.

SEKI, A.S. **Demanda energética no processo de ensilagem de milho**, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 101 f. Botucatu, 2007.

SILVA, S. L. **Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas**. Botucatu, 1997 a. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

STANGE, K.; CHRISTIANSON, L. L.; THORESON, B.; ALCOOCK, R.; VIK, B. Microcomputer goes to the field to gather tractor test data. **Agricultural engineering**, v.65,n.1, p.21-6, 1984.

TEODORO; A. G. et al. **Colheita de milho para silagem com colhedora de forragem montada em trator agrícola**. Anais da Semana do Curso de Zootecnia São Luís de Montes Belos/GO, 13 a 15 de maio de 2013.v.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA . Sistema de Análise Estatística e Genética **SAEG**. Versão 9.0. Viçosa: 2000.