

ANTÔNIO DONIZETTE DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO OPERACIONAL DO
PROTÓTIPO UFV-ENG PARA O PLANTIO DIRETO DE BATATA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

2003

ANTÔNIO DONIZETTE DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO OPERACIONAL DO
PROTÓTIPO UFV-ENG PARA PLANTIO DIRETO DE BATATA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

APROVADA: 25 de fevereiro de 2003.

Prof. Paulo César Rezende Fontes
(Conselheiro)

Prof. Luciano Baião Vieira
(Conselheiro)

Prof. Ricardo Capúcio de Resende

Prof. Afonso Lopes

Prof. Haroldo Carlos Fernandes
(Orientador)

A minha mãe, Francisca Alice.

A meu pai, Geraldo Oliveira.

A minha esposa, Geni

Ao meu filho Luan.

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Agrícola e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao professor Haroldo Carlos Fernandes, pela valiosa contribuição, enquanto orientador e amigo.

Ao professor Gutemberg Pereira Dias a quem devo a realização deste trabalho, pelo empenho em conseguir meu aceite junto ao DEA-UFV.

Ao professor Paulo Fontes, pelas sábias orientações.

À Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, nas pessoas de seu ex-diretor, Luiz Ribeiro Dias Filho, e do atual, Rômulo da Silva Bernardes, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À esposa Geni, fonte de inspiração e presença importante nos momentos difíceis.

A todos os companheiros de trabalho em Muzambinho, em especial ao amigo João Carlos de Souza.

Às amigas Leila e Margot.

Ao Seu Nicolau e D. Elza.

Ao ex-patrão João de Deus Ferreira.

Ao amigo Marcos Aurélio, a sua esposa Mara, e aos filhos, Lúdia e Marquinhos.

Aos colegas de curso.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola.

Aos técnicos do Laboratório de Mecanização Agrícola da UFV, Marcelo, Danilo, Wantuil e Geraldo Márcio.

Aos funcionários do DEA-UFV, D. Maria José, Edna, Fátima, Lucimar, Evaristo, Galinari, José Mauro, Jurandir, Juvercino e Marcos.

Ao amigo Júlio Cezar, que dividiu comigo o suor deste trabalho.

Ao técnico de campo Paulo Márcio, e aos demais funcionários da Horta Nova.

À Associação dos Bataticultores do Sul de Minas (ABASMIG), em especial ao Dr. José Daniel, pessoa que acreditou desde o início neste trabalho e deu todo apoio que foi necessário, inclusive cedendo a plantadora.

BIOGRAFIA

ANTÔNIO DONIZETTE DE OLIVEIRA, filho de Geraldo Oliveira e Francisca Alice de Oliveira, nasceu em Jesuânia, Minas Gerais, no dia 16 de junho de 1960.

Em outubro de 1984, concluiu o curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde foi monitor das disciplinas: Biologia I e Máquinas e Motores. Trabalhou na Auto Mecânica Universal em Cambuquira - MG, como mecânico geral de veículos automotores, implementos agrícolas e como soldador e estampador de chapas metálicas.

Concluiu, em abril de 1986, o curso de Pós Graduação “Lato-Sensu” em Planejamento de Ensino, pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras “Prof. José Augusto Vieira”, em Machado - MG.

É professor de Mecanização Agrícola na Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, desde novembro de 1984.

Em março de 1994, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa - MG, sendo monitor de Mecanização Agrícola, defendendo a tese em 20 de dezembro de 1996.

Em março de 1999, iniciou-se no Programa de Pós-Graduação em nível de Doutorado em Engenharia Agrícola, área de concentração Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa – MG, defendendo a tese em 25 de fevereiro de 2003.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Importância da cultura	3
2.2. Preparo do solo	4
2.2.1. Plantio direto.....	7
2.2.2. Cultivo mínimo.....	8
2.3. Equipamentos utilizados no preparo do solo	10
2.3.1. Arado	10
2.3.2. Grade de discos.....	10
2.3.3. Enxada rotativa	11
2.4. Desempenho operacional de equipamentos de preparo do solo.....	11
2.5. Plantio mecanizado de batatas	12
2.6. Amontoa	13
2.7. Tamanho dos agregados	13
2.8 Índice de velocidade de emergência das plantas	15
2.9. Resistência do solo à penetração	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Área experimental.....	17
3.2. Solo	17
3.3. Máquinas e implementos utilizados	19
3.3.1. Plantadora de batata.....	20
3.4. Descrição dos tratamentos	22

3.5. Delineamento experimental e análise estatística	23
3.5.1. Apresentação dos dados.....	25
3.6. Adaptações na plantadora	27
3.6.1. Adaptação 1	27
3.6.2. Adaptação 2	28
3.6.3. Adaptação 3	29
3.7. Mecanismos adaptados à plantadora	31
3.8. Dimensionamento das peças adaptadas	39
3.8.1. Dimensionamento do disco liso cortador	40
3.8.2. Cálculo da resistência ao corte do disco	42
3.8.3. Dimensionamento do suporte do disco liso cortador	43
3.9. Variáveis avaliadas	45
3.9.1. Porcentagem acumulada de agregados do solo (Pa).....	45
3.9.2. Porcentagem de agregados do solo retidos por classe de tamanho	46
3.9.3. Módulo de finura (MF) dos agregados	47
3.9.4. Diâmetro médio ponderado dos agregados do solo (DMP)	47
3.9.5. Densidade do solo.....	48
3.9.6. Micro e macro porosidade do solo	48
3.9.7. Velocidade de deslocamento do trator	49
3.9.8. Capacidade operacional efetiva dos implementos.....	49
3.9.9. Consumo de combustível nas operações de preparo do solo e plantio	50
3.9.10. Consumo horário de combustível nas operações de preparo do solo e plantio.....	50
3.9.11. Consumo de combustível por área trabalhada.....	51
3.9.12. Resistência do solo à penetração	51
3.9.13. Umidade do solo	52
3.9.14. Análise granulométrica dos agregados do solo	52
3.9.15. Índice de velocidade de emergência das plantas (IVE).....	52
3.10. Instalação e condução da cultura	53
3.10.1. Plantio	53
3.10.2. Adubação	54
3.10.3. Controle de plantas daninhas	54
3.10.4. Adubação em cobertura	55
3.10.5. Manejo da irrigação	55
3.10.6. Controle fitossanitário	55
3.10.7. Colheita.....	56
3.10.8. Seleção e classificação dos tubérculos colhidos.....	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1. Porcentagem acumulada de agregados, Módulo de finura e Diâmetro médio ponderado dos agregados do solo	58
4.2. Densidade, Micro porosidade e Macro porosidade do solo	60
4.3. Preparo do solo	62
4.3.1. Capacidade operacional efetiva e consumo de combustível	62
4.4. Plantio	63
4.4.1. Consumo de combustível.....	63

4.4.2. Capacidade operacional efetiva (CO) e Índice de velocidade de emergência das plantas (IVE)	64
4.5. Produção classificada de tubérculos e estande	65
4.5.1. Produção classificada de tubérculos sem diferenças estatísticas.....	65
4.5.2. Produção classificada de tubérculos com diferenças significativas nos sistema de plantio	72
4.5.3. Produção classificada de tubérculos com diferenças significativas para ausência e presença da amontoa	73
4.5.4. Produção classificada de tubérculos com diferenças significativas na interação: sistema de plantio x amontoa	74
5. RESUMO E CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
1 DIMENSIONAMENTO DO SULCADOR E SUPORTE	111
2. DIMENSIONAMENTO DA HASTE ESCARIFICADORA	115
3. DIMENSIONAMENTO DO SUPORTE DO DISCO DUPLO	117
3. DIMENSIONAMENTO DO SUPORTE DO CONJUNTO DE DISCOS.....	118
4. DIMENSIONAMENTO DA CONTONEIRA INFERIOR DE SUSTENTAÇÃO DO SUPORTE.....	121

RESUMO

OLIVEIRA, Antônio Donizette de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2003. **Desenvolvimento e avaliação operacional do protótipo UFV-ENG para o plantio direto de batata.** Orientador: Haroldo Carlos Fernandes. Conselheiros: Paulo César Rezende Fontes e Luciano Baião Vieira.

A batata é uma das mais importantes olerícolas cultivadas no Brasil. O cultivo acontece de maneira tradicional, sendo o preparo do solo feito convencionalmente, usando implementos de revolvimento e destorroamento em número e seqüências variadas. O revolvimento excessivo do solo é prática usual entre os bataticultores do Brasil, que vislumbram na grande fragmentação do solo a condição ideal para o desenvolvimento da cultura. Apesar do avanço em relação às técnicas alternativas de preparo do solo para culturas de cereais, como semeadura direta e cultivo mínimo, no Brasil, nada se faz neste aspecto, visando à cultura da batata. O presente trabalho teve como objetivos adaptar uma plantadora de batata existente no mercado para operar em solo cuja superfície não havia sido revolvida (plantio direto) ou pouco revolvida (cultivo mínimo); avaliar os desempenhos da plantadora e da cultura instalada por meio de modificações da máquina e pelo plantio convencional; e verificar a necessidade da amontoa, operação que normalmente é feita na cultura da batata. O

experimento foi conduzido num delineamento em blocos casualizados, com as parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas ficaram os sistemas de plantio (plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo), enquanto nas subparcelas ficaram as práticas da amontoa (sem e com amontoa). Avaliou-se o desempenho operacional do maquinário, características do solo e a produção classificada de tubérculos. Pelos resultados obtidos, conclui-se que: (a) O plantio de batata em solo não revolvido permitiu economia de até 35 L de óleo diesel ha⁻¹; (b) as características do solo, Porcentagem acumulada (Pa), Módulo de finura (MF), Diâmetro médio ponderado (DMP), Densidade do solo (D), Micro e macro porosidade não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos. O solo preparado com enxada rotativa para posterior plantio permitiu que as plantas de batata emergissem mais rapidamente do solo; (c) a produção de tubérculos comerciais não foi afetada pelos tratamentos e atingiu a média de 28.266 kg ha⁻¹; (d) Sem a amontoa o cultivo mínimo (CM) propiciou maior número e massa de tubérculos não comerciais e (e) amontoa, operação considerada imprescindível por alguns autores se mostrou dispensável nas condições em que foi conduzido o experimento.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Antônio Donizette de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, March of 2003. **Development and Performance Evaluation of a Prototype UFV-ENG for Direct Planting Potato.** Adviser: Haroldo Carlos Fernandes. Committee Members: Paulo César Rezende Fontes and Luciano Baião Vieira.

Potato is the most important vegetable cultivated in Brazil. Its cultivation is done in a traditional way, where the soil is prepared conventionally through plowing and harrowing that vary in number and sequence. Excessive soil plowing is a common practice among Brazilian potato growers because they understand that a greater soil fragmentation promotes a better crop development. Alternative techniques like non-tillage and minimum tillage, have had a significant progress for cereals in Brazil, but these conservational techniques had a negligible development for potato crop. The objectives of this research were to modify a commercial potato planter to make it able to operate in soils that had not been plowed (non-tillage) or little plowed (minimum tillage); to evaluate the planter and crop performance for conventional tillage, minimum tillage and non-tillage (for some modifications made on the machine); and to verify the need of pile, which is a typical operation done in potato crops. An experiment defined in casual blocks was carried out with subdivided plots and four repetitions. The

tillage (non-tillage, conventional tillage and minimum tillage) were put in the plots, while the pile practice (without and with pile) was put in the split-plots. It was evaluated the machinery performance, the soil characteristics and the qualified production of tubers.

The results showed that: (a) the potato planted in soil that was not plowed saved up to 35 l of diesel ha⁻¹; (b) soil characteristics: accumulated percentage (AP), modulus of fineness (MF), dry mean weight diameter (DMWD), soil density (SD), micro and macro porosity were not significantly influenced by the treatments. The soil prepared with rotary hoe for the subsequent potato planting allowed the potato plants to emerge more quickly; (c) the production of commercial tubers was not affected by the treatments and it reached an average of 28266 kg ha⁻¹; (d) the minimum tillage (MT) without the pile operation, provided greater number and mass of non-commercial tubers and (e) pile operation, which is considered essential by some authors, showed dispensable for the conditions in which the experiment was carried out.

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas têm buscado e encontrado inúmeras soluções para diversos problemas da cultura da batata com relação às mais diversas áreas agronômicas. No entanto, no que diz respeito ao preparo do solo e desenvolvimento de máquinas para plantio, pouco se tem pesquisado no Brasil.

Apesar do avanço tecnológico no preparo do solo, a maioria das pesquisas visa sempre as culturas de cereais, pouco ou quase nada havendo, no Brasil, para a cultura da batata. Assim, urge a necessidade de condução de trabalhos que busquem a melhor maneira de se preparar o solo para esta cultura. Estes estudos devem procurar a melhor forma de utilização dos implementos convencionais de preparo existentes, o desenvolvimento e a avaliação de equipamentos alternativos para o preparo reduzido e, ou, plantio direto, com vistas à preservação e conservação do solo, e à minimização dos custos das operações de preparo, juntamente com a manutenção ou o aumento da produtividade da cultura.

Os poucos trabalhos com relação às maneiras alternativas de preparo do solo e plantio da batata são encontrados em países com condições climáticas e solos diferentes das condições nacionais, não sendo, muitas vezes, válidas as suas aplicações para as nossas condições. Faz-se necessária a criação de tecnologias

próprias visando substituir as técnicas que mesmo consagradas e muito utilizadas, degradam o solo predispondo-o as perdas. Por outro lado, não basta substituir as técnicas ora praticadas por outras ecologicamente mais corretas, é preciso buscar soluções que sejam também economicamente viáveis.

Sendo assim, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de:

- adaptar uma plantadora de batata existente no mercado para operar em solo cuja superfície não havia sido revolvida (plantio direto) ou pouco revolvida (cultivo mínimo);
- avaliar os desempenhos da plantadora e da cultura instalada por meio de diferentes modificações da máquina e pelo plantio convencional;
- verificar a necessidade da amontoa, operação que normalmente é feita na cultura da batata.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da cultura

A batata (*Solanum tuberosum* L.), segundo BREGAGNOLI (2000), está entre os 15 alimentos de origem vegetal mais consumidos em todo o mundo, contém de 1,5 a 2,5 % de proteína, possui altos teores de vitamina C e de potássio e carboidratos, 100 g de batata cozida contém 90 kcal. É uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, com área plantada em torno de 200 mil ha ano⁻¹ e produtividade média de 15 t ha⁻¹ (ABAMIG, 1998). Ainda segundo a mesma fonte, o Estado de Minas Gerais responde por 30 % da produção nacional, com área plantada em torno de 36 mil ha e média de 22.437 kg ha⁻¹. A região sul/sudoeste de Minas Gerais responde por 70 % da produção do Estado, onde o maior volume produzido provém de pequenos produtores, que cultivam até 10 ha em três safras diferentes ao longo do ano.

2.2. Preparo do solo

O preparo do solo consiste em arações e gradagens, sendo que o número de cada operação variará de acordo com a cultura a ser instalada, com as condições do próprio solo, dos restos culturais, do estado da vegetação e com os equipamentos a serem utilizados nas demais fases do processo produtivo. O preparo para cultivo mínimo consiste no uso de arados escarificadores ou grades aradoras, enquanto que, para semeadura direta, consta de manejo da palhada usando herbicidas, roçadora e uma semeadora própria para o trabalho na palhada.

O preparo do solo tem por finalidade: formar um leito de semeadura/plantio com agregados de dimensões desejáveis e estáveis em água; corrigir problemas de compactação causados pelo tráfego de máquinas sobre o solo em cultivos anteriores, e aumentar a infiltração, retenção e movimentação de água no solo. O leito formado deve permitir a colocação de sementes em profundidade uniforme, propiciar um bom contato da semente com o solo para facilitar a absorção de água e ar (RUSSEL, 1983). Isso facilita a emissão de raízes e rápida emergência das plântulas, sem impedimento mecânico, encontrando, as raízes, poros de tamanho adequado para o seu desenvolvimento. GALETI (1983) menciona que o preparo do solo constitui operação básica na implantação de uma cultura. Entre suas finalidades encontram-se: adequação do leito para receber as unidades de propagação das culturas: sementes, partes vegetativas ou plantas já formadas; controle de ervas invasoras, pragas e doenças; rompimento da camada compactada; controle da erosão e incorporação de corretivos e fertilizantes. Adequar o leito, ou o solo, consiste em fragmentá-lo de maneira tal que os agregados tenham tamanho e distribuição, ao longo do perfil, permitindo e facilitando o recebimento, a germinação e o desenvolvimento das unidades de propagação de culturas.

A operação mais importante no manejo do solo, conforme WÜNSCHE e DENARDIN (1980), é o seu preparo, e a maior parte dos problemas conservacionistas advêm da inadequada forma de condução dessas operações. Os

solos preparados ainda apresentam menor estabilidade dos agregados, maior densidade, alteração do espaço poroso e redução na condutividade hidráulica e gasosa. Uma das primeiras tarefas a ser executada na implantação de uma cultura é o preparo do solo. Segundo SALVADOR et al. (1993), essa é a operação que mais consome energia e tempo, sendo, na maioria das vezes, realizada de forma abusiva e sem critérios racionais. Embora haja poucas pesquisas voltadas para o desempenho dos implementos usados no preparo do solo, inúmeros são os implementos lançados no mercado para esse fim e, quase sempre, não há preocupação com aperfeiçoamentos posteriores, ressalta ainda o citado autor.

Para assegurar uma emergência uniforme e devido à fragilidade do sistema radicular da cultura, CONSORTE (1995) salienta que o preparo do solo para a cultura da batata deve ser o mais esmerado possível, originando um leito de plantio destorroado, solto e sem camadas compactadas.

Do plantio à colheita, a cultura da batata apresenta alto grau de sensibilidade às condições de solo, sendo o seu preparo decisivo para a produtividade da cultura (BOLLER et al., 1998). Afirmam ainda os autores que, na prática, vê-se que os agricultores utilizam sistemas com mobilização intensa da camada superficial, podendo favorecer a sua degradação e o processo de erosão hídrica e causar grandes prejuízos econômicos, comprometendo a competitividade da cultura.

O preparo do solo para a instalação da cultura é muitas vezes executado com exagero. A maioria dos bataticultores prefere plantar num solo pulverizado e solto, condição propícia para desencadear processos erosivos em terrenos declivosos sob irrigação e, ou, chuva, bem como a lixiviação de nutrientes. A cultura é uma das poucas que exige manuseio do solo depois de instalada, pois necessita de um volume de terra no seu caule para a tuberização; assim, recebe após a instalação e antes da tuberização a operação denominada “amontoa”, que consiste em se acumular um volume de terra no caule para o desenvolvimento dos tubérculos.

É quase consenso entre os bataticultores que o solo para plantio de batata deve estar em nível elevado de desagregação, sendo verificado seu estado propício para o plantio por aspectos meramente visuais.

No Brasil o plantio é feito em solo preparado com arado e grade ou enxada rotativa. A escolha do implemento ou grupo de implementos está em função da disponibilidade dos equipamentos na propriedade, não observando o produtor, critérios técnicos e conservacionistas em tal operação.

Os implementos mais utilizados no preparo do solo para a cultura da batata são os arados de discos, as grades e enxadas rotativas, variando o número e a seqüência de operações, de acordo com as condições originais do solo e o senso prático do bataticultor, fato este que está de acordo com SALVADOR (1992), ao salientar que o preparo do solo raramente é efetuado baseando-se num estudo objetivo.

Vários equipamentos podem ser utilizados no preparo do solo ou em parte dele. É comum o uso de mais de um, ou de um mesmo equipamento várias vezes em um mesmo local. Muitas vezes isso ocorre de maneira inadequada, levando o produtor a gastar mais tempo e dinheiro e a predispor o solo às perdas por erosão.

O preparo do solo que antecede a implantação da cultura da batata constitui-se de uma série de operações de preparo primário e secundário, que incorporam os resíduos e desagregam a camada superficial do solo, favorecendo a erosão (BOLLER, 2000).

O nível de desagregação e a distribuição dos agregados no perfil do solo devem ser apropriados à cultura, à época de preparo e à implantação da mesma, à quantidade e disponibilidade de água e nutrientes, ao tipo de unidade propagadora e à susceptibilidade do solo à erosão. Entretanto, não existe, em nível de campo, uma maneira de se medir o ponto ideal de preparo, o qual fica restrito à subjetividade e à vivência prática do profissional (OLIVEIRA, 1997).

2.2.1. Plantio direto

As estratégias de manejo de solos estão sendo submetidas a significativas remodelações face às novas informações, tendências e conhecimentos recentemente gerados dentro do enfoque sistêmico de produção. Nesse particular, salienta MION (2002), o plantio direto, quando adequadamente conduzido, pode contribuir significativamente para tal feito, pois envolve a interação entre máquina, solo, clima, atmosfera e todos os organismos presentes no sistema.

Poucos produtores estão dispostos a adotar práticas alternativas de preparo do solo para outras culturas que não sejam cereais (EKEBERG e RILEY, 1996). Estes autores conduziram, no sul da Noruega, experimento para comparar dois tratamentos de preparo do solo para batata: preparo convencional e plantio direto em restos de cevada. A produção e a qualidade dos tubérculos foram avaliadas e não foram encontradas diferenças significativas, concluindo os autores que o plantio direto é uma alternativa viável, em comparação com o preparo convencional do solo, para a cultura da batata. Eles utilizaram uma plantadora de batatas de duas linhas distantes de 0,75 m uma da outra, adaptada com duas hastes escarificadoras entre cada unidade de plantio, a fim de desagregar o solo, e soldaram uma chapa de aço de 5 cm em forma de meia-lua no sulcador para adubo, com a finalidade de descompactar o solo na região de colocação das batatas.

Mudanças significativas têm ocorrido na visão da sociedade sobre a necessidade de se manter e recuperar os recursos naturais. Surgem questionamentos sobre a perda de solo por erosão e a poluição da água. Segundo GASSEN e GASSEN (1996), uma das razões para adoção do plantio direto está relacionada à exigência do mercado internacional por produtos agrícolas, obtidos sob condições de menor impacto ambiental, que minimizem perdas de solo e contaminação de água.

O agricultor, como elemento responsável pela produção agrícola, vem sofrendo pressões sociais e econômicas que o levam a mudar de tecnologia, com vistas a aumentar a produtividade e minimizar a degradação do solo. Frente a esse

processo de evolução obrigatório, no setor rural, os agricultores têm sido obrigados a abandonar progressivamente a agricultura tradicional, sendo a técnica do plantio direto uma alternativa que tem despertado interesse dos agricultores (NOVAK et al., 1992).

2.2.2. Cultivo mínimo

O preparo reduzido do solo, para BRAUNACK e McPEE (1991), é um sistema que produz condições favoráveis para o desenvolvimento de uma ou mais culturas, pois deixa uma cobertura protetora de resíduos na superfície do solo durante o ano todo. Segundo os autores, é necessário o desenvolvimento de novas máquinas e de técnicas que possam preparar o solo em uma única operação.

Além da diminuição do risco de erosão no preparo conservacionista, segundo VEIGA e AMADO (1994), os restos culturais são mantidos sobre a superfície do solo retardando sua decomposição e a conseqüente liberação dos nutrientes para este em ocasião em que as plantas instaladas mais necessitem.

Segundo LOPES e LA SCALA JÚNIOR (2002), atividades como o manejo do solo têm influenciado na dinâmica da emissão de carbono solo-atmosfera, causando um acréscimo em tal emissão, influenciando diretamente no efeito estufa e colocando as atividades agrícolas como uma das principais responsáveis pela modificação recente do clima do planeta. Para os autores, uma estratégia que vem sendo sugerida para a redução do aquecimento global seria racionalizar algumas atividades agrícolas, em particular métodos de preparo do solo, procurando reduzir a perda de carbono do solo para a atmosfera. Em trabalho conduzido na FCAV-UNESP, campus de Jaboticabal, SP, os citados autores estudaram a emissão imediata de CO₂ do solo após preparos diversos, tais como: Enxada rotativa, Escarificador, Arado de discos seguido de grade niveladora e grade aradora seguido de grade niveladora, mantendo-se também parcelas inalteradas para efeito de

comparação. As medições de CO₂ nas primeiras 24 horas em que o manejo foi executado chegou a 0,64 g de CO₂ m⁻² h⁻¹ e 0,47 g de CO₂ m⁻² h⁻¹ nas parcelas escarificada e arada mais grade niveladora respectivamente, e 0,27 g de CO₂ m⁻² h⁻¹ na parcela sem preparo.

Oito sistemas diferentes de preparo do solo para a cultura da batata foram testados por BOLLER et al. (1998), avaliando a velocidade de emergência, a produtividade e o diâmetro dos agregados. Esses autores concluíram que, nos preparos que mantiveram maior índice de cobertura do solo com resíduos, a cultura emergiu mais rapidamente. Não encontraram, no entanto, diferenças significativas na produtividade e no diâmetro dos agregados, sugerindo, assim, que se deve preferir os sistemas que mantenham maior quantidade de cobertura sobre o solo, chamados pelos autores de conservacionistas, por oferecerem vantagens técnicas e econômicas além de reduzir o processo erosivo do solo.

Experimentos têm mostrado que a produção de batata é aumentada quando cultivada em solo com pouco tráfego de máquinas (DICKSON et al., 1992); outros autores mostraram satisfatórios resultados com redução das operações de preparo do solo (DALLYN e FRICKE, 1974).

Grande número de bataticultores do Estado de Minas cultiva a batata no sistema de arrendamento ou aluguel de terras. Como o cultivo é feito em terras de terceiros, não há, em muitos casos, a preocupação com a conservação do solo e da água. Para os proprietários das terras, que as cedem e as recebem de volta após um período de tempo (geralmente duas safras), pode ficar a ilusão de que a cultura melhorou o solo, pois o efeito residual das altas quantidades de fertilizantes usadas na cultura permanece nos próximos cultivos, principalmente de cereais. Esse efeito, no entanto, pode esconder o prejuízo da perda de solo, em decorrência da movimentação e desagregação excessiva do solo devido às operações de preparo, amontoa e colheita.

2.3. Equipamentos utilizados no preparo do solo

2.3.1. Arado

De acordo com OJENIYI e DEXTER (1979), a primeira operação de preparo periódico do solo é freqüentemente realizada com arado de discos, arado de aivecas, ou arado escarificador. As operações seguintes são executadas principalmente por grades niveladoras de discos ou de dentes.

2.3.2. Grade de discos

As grades de discos são conjuntos de discos lisos e, ou, recortados, geralmente montados em dois ou quatro eixos, que giram livremente e possuem um ângulo com a direção de deslocamento. Podem realizar o preparo periódico primário do solo (aradoras), ou secundário (destorroadoras-niveladoras,). Os discos, em geral, são esféricos, mas podem ser cônicos, com bordas recortadas ou em forma de bisel interna ou externamente. Quanto maior o ângulo de ataque dos discos, mais esses se aprofundam, e quanto maior a velocidade de trabalho, mais pulverizam o solo. O ângulo de ataque é, em geral, de 20 ° a 25 ° (ORTIZ-CAÑAVATE, 1980).

A função básica das grades é complementar o serviço executado pelos arados, embora, em algumas situações, elas possam substituí-los (BALASTREIRE 1987). Quando são utilizadas após a aração, as grades têm a função de complementar o preparo do solo, realizado pelo arado, no sentido de fragmentar os torrões, nivelar a superfície para facilitar a semeadura, diminuir os vazios entre os torrões e interromper os sistemas de vasos capilares que se formam na camada superior do solo, dificultando a evaporação da água das camadas mais profundas.

2.3.3. Enxada rotativa

A enxada rotativa é um implemento cujos órgãos de trabalho são enxadas, montadas em discos regularmente espaçados, fixos no eixo horizontal. O número de enxadas por flange varia de três a seis enxadas, montadas alternadamente e distribuídas regularmente na circunferência do disco (CAÑAVATE e HERNANZ, 1989).

As enxadas rotativas são muito usadas para o preparo de solo em horticultura (MACHADO 1998). Salienta a autora que uma única passada da enxada rotativa equivale à passagem de um arado seguido de uma gradagem destorroadora e uma gradagem niveladora, com a vantagem de incorporar toda a matéria orgânica e que em culturas anuais pode ser usada no preparo secundário do solo.

Na prática constata-se que os bataticultores, muitas vezes substituem o arado e a grade pela enxada rotativa.

2.4. Desempenho operacional de equipamentos de preparo do solo

O desempenho operacional é determinado por um conjunto complexo de informações que define, em termos quali-quantitativos, os atributos dos equipamentos, quando executam operações sob determinadas condições de trabalho (MIALHE 1974). Tais informações incluem as características operacionais, abrangendo dados relativos à qualidade e à quantidade de trabalho desenvolvido; às características dinâmicas, potência e velocidade de trabalho; às características de manejo, enfocando aspectos relacionados às regulagens, à manutenção, reparação e estabilidade dos equipamentos.

Uma das maneiras de registrar a demanda energética de uma operação de preparo de solo consiste em medir o consumo de combustível nas operações agrícolas (SCHROCK et al., 1985).

O consumo de combustível pode ser usado como índice para comparar o requerimento de energia das operações de preparo, apesar de muitos fatores influenciarem seu valor, como: condições do solo, tipo e regulagens do equipamento de preparo, velocidade de trabalho, profundidade do trabalho, dimensões e formato da área a ser trabalhada, habilidade do operador, potência do trator e deslizamento das rodas, (SILVA 1992).

2.5. Plantio mecanizado de batatas

Realizado o preparo do solo, o bataticultor tem várias opções para fazer o plantio, que pode ser parcial ou totalmente mecanizado (FONTES, 1997). No plantio totalmente mecanizado utiliza-se máquina que numa única operação abre o sulco, coloca o adubo, o inseticida de solo, a batata-semente e os cobre com solo. Já no plantio semi ou parcialmente mecanizado, o sulco é aberto com sulcador, na sua maioria de tração tratorizada e a colocação do adubo, inseticida de solo, batata-semente e cobertura são feitas com ferramentas manuais. Certos equipamentos possuem mecanismos que abrem o sulco e colocam o adubo, ficando o plantio da batata e a cobertura para serem feitos manualmente.

O tipo ou sistema de plantio varia muito entre produtor, região e nível tecnológico. Para regiões montanhosas, caso do Sul do Estado de Minas Gerais, o mais comum é o plantio semi-mecanizado, já nas regiões planas do triângulo mineiro (São Gotardo), o plantio é feito, na sua maioria totalmente mecanizado. O plantio semi-mecanizado está restrito às áreas com limitações topográficas ou que por impossibilidade financeira, o produtor não possui a máquina para plantio. No entanto, já está sendo comum a locação de máquinas para o plantio de batata por proprietários e, ou, associações e cooperativas de produtores.

2.6. Amontoa

O tubérculo após plantado, emite raízes, caules ou hastes, folhas e tubérculos. Os tubérculos-filhos se formam nos caules subterrâneos chamados estólons, ou seja, no volume de solo colocado acima do tubérculo-semente. O volume de terra colocado por cima do tubérculo-semente deve ser suficiente para abrigar todos os tubérculos-filhos, evitando que os mesmos entrem em contato com a luz solar. Tal volume de terra é aplicado inicialmente no momento do plantio e, posteriormente, na amontoa.

A amontoa ou chegamento de terra segundo FILGUEIRA (1999) é um trato cultural característico e imprescindível em bataticultura, estimulando a tuberização e aumentando-se a produtividade. A amontoa protege os tubérculos contra a luz solar cuja incidência ocasiona o esverdeamento, pela formação da clorofila e com aumento no teor do glicoalcalóide solanina. A solanina por ser tóxica, torna os tubérculos impróprios ao consumo, além de ser o tubérculo esverdeado rejeitado pelo consumidor.

2.7. Tamanho dos agregados

A quantificação da distribuição do tamanho de torrões após as operações de preparo do solo, propicia uma avaliação do efeito do preparo e dos implementos (VAN DOREN, 1984).

Para caracterizar a agregação do solo, ANGULO et al. (1984) realizaram testes, para determinar a estabilidade dos mesmos, cujos resultados foram representados de seis formas diferentes (diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico, agregados maiores que 4,00, 2,00, 1,00 e 0,25 mm). Os resultados foram correlacionados para verificar as relações entre as diferentes formas de

representar a estabilidade dos mesmos. Os agregados maiores que 2,00 mm e 1,00 mm caracterizaram a estabilidade tão bem quanto o diâmetro médio ponderado.

A combinação de diferentes equipamentos de preparo resultaram em valores de diâmetro médio geométrico e de módulo de finura bastante próximos, evidenciando que é possível escolher, dentre vários sistemas de preparo, aquele que seja mais econômico, que demande menor quantidade de energia e que melhor preserve o solo, do ponto de vista conservacionista (GAMERO 1989).

A determinação da estrutura do solo pode ser feita, empregando-se dois métodos: a) peneiramento úmido, que consiste em peneirar uma amostra de agregados através de uma seqüência de malhas com abertura decrescente, sendo a operação realizada com a amostra imersa em água; b) peneiramento seco, que consiste em passar uma amostra de agregados em um jogo de peneiras, com malhas de dimensão decrescente, acionado manualmente ou por motor (KIEHL 1979).

A distribuição por tamanho dos agregados e o arranjo desses em formas definidas permitem caracterizar a estrutura do solo. Os autores afirmam, ainda, que o estado de agregação do solo é de grande importância no estudo das suas propriedades físicas, uma vez que o mesmo condiciona, não apenas o desenvolvimento vegetal, mas também a conservação do solo e da água (FREIRE e PIEDADE JÚNIOR 1979).

Nos solos cultivados, os agregados são formados e fragmentados pelo processo mecânico de mobilização. As diferenças entre os tamanhos desses agregados podem não ser significativas, pelo fato de alguns serem formados pela quebra de grandes, enquanto que outros são formados pela compressão de pequenos, que formam outro maior. Em solos sob cultivos, a agregação está associada também à atividade das raízes e dos microorganismos do solo (BRAUNACK e DEXTER 1989).

Avaliando a influência de diferentes sistemas de preparo do solo sobre o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados, em Terra Roxa Estruturada os resultados analíticos encontrados por GROHMANN e ARRUDA (1961), mostraram

que o trabalho mecânico do solo, quando excessivo, faz com que o DMG fique bastante reduzido. Observaram que, do ponto de vista da estrutura, os tratamentos que trabalham o solo mais intensivamente são os menos indicados.

2.8 Índice de velocidade de emergência das plantas

O tempo entre o plantio e a completa emergência das plantas é uma variável que pode ser utilizado na comparação entre sistemas de preparo do solo (SILVA 1992).

O tubérculo-semente já brotado assim que é colocado no solo dá continuidade ao crescimento dos brotos para que estes vençam a camada de terra que foi colocada como cobertura e atinjam a superfície do solo em busca de luz.

O tempo necessário para a completa emergência das hastes é função, dentre outros fatores, da cultivar, do estágio da brotação, de condições climáticas, da quantidade de terra colocada como cobertura e do impedimento ou obstáculos encontrados pelas hastes como torrões e pedras.

É sabido que, quanto menor o tempo necessário para a completa emergência das hastes, menos susceptíveis estas ficam ao ataque de pragas do solo, exigindo menos nutrientes do tubérculo-semente e proporcionando uma cobertura do solo mais rápida e homogênea.

2.9. Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração é um parâmetro dinâmico, que depende da densidade do solo, da umidade e do tipo de solo. Salienta, ainda, que os valores de resistência à penetração ao longo do perfil do solo, antes e depois do preparo, constituem meio para verificar o grau de mobilização do solo, identificar camadas

adensadas, determinar a eficiência de equipamentos e avaliar o potencial para o desenvolvimento de raízes (MIRANDA, 1986).

Os parâmetros mais usados para se avaliar a compactação são a densidade global do solo, geralmente expressa em g cm^{-3} , e a resistência do solo à penetração, que é o resultado da aplicação de uma força sobre uma determinada área (BOWEN e KRATKY, 1985).

Os penetrógrafos são equipamentos utilizados para avaliar a resistência mecânica do solo à penetração. Podem ser de dois tipos: estático, que é pressionado à velocidade constante no solo; e de impacto, que é introduzido no solo pelas batidas de um peso. A resistência média é denominada índice de cone e determinada até à profundidade de interesse. O penetrógrafo estático tem sido o mais usado e registra, continuamente, em gráfico, a resistência à penetração em relação à profundidade. Tais leituras são o resultado de vários processos em conjunto, como o corte do solo, cisalhamento, fluxo plástico, compressão e fricção metal-solo (HILLEL, 1980).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área experimental

O experimento de campo foi conduzido em área do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, unidade de São José do Triunfo, Município de Viçosa-MG, com altitude entre 600 e 700 m e declividade média de 3 %. A temperatura média anual é de 19° C, a precipitação anual está entre 1.300 e 1.400 mm, sendo a estação chuvosa concentrada no período de outubro a março, e a umidade relativa do ar anual oscilando entre 80 a 85 %. A área de trabalho com aproximadamente 0,35 ha, formato retangular de 48 m de comprimento e 33 m de largura, estava em pousio há aproximadamente três anos e coberta com densa vegetação composta na quase totalidade de mucuna preta (*Stylozobium aterrimum*).

3.2. Solo

O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, fase Terraço, (EMBRAPA, 1999).

Foram determinados a densidade do solo, a densidade de partículas e a umidade do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Propriedades e características físicas da camada do solo de 0 a 20 cm de profundidade

Profundidade (cm)	Densidade do solo (g cm ⁻³)	Densidade de partículas (g cm ⁻³)	Umidade (% em massa)
0 – 10	1,20	2,73	25,90
10 – 20	1,34	2,94	26,43

Para determinar a densidade do solo o método utilizado foi o do cilindro; a densidade de partículas determinada pelo método do balão volumétrico e a umidade, pelo gravimétrico padrão (EMBRAPA 1997).

As análises granulométricas e químicas do solo são apresentadas nos Quadros 2, 3 e 4.

Quadro 2 – Análise granulométrica¹ da amostra do solo proveniente da camada de 0 a 20 cm de profundidade

Argila (%)	Silte (%)	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Classificação textural
42	20	27	11	Argila

¹ Utilizou-se o método da “pipeta”, segundo EMBRAPA (1997).

Quadro 3 – Análise química de amostras do solo proveniente da camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes do plantio e da adubação

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	M	MO	P-rem
H ₂ O	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
5,8	65,3	89	3,2	0,7	0,0	2,6	4,13	6,73	61	0	2,69	30,5

Quadro 4 – Resultado da análise química de amostras do solo proveniente da camada de 0 a 20 cm de profundidade, após a colheita dos tubérculos, coletada entre as linhas de plantio

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	M	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				%		dag kg ⁻¹
5,3	192,9	350	6,3	1,4	0,0	4,95	8,60	13,55	63	0	3,11

Os valores da resistência do solo à penetração, representada pelo Índice de Cone (IC₂₀₀), foi 14,64 MPa e o desvio padrão, 2,015.

3.3. Máquinas e implementos utilizados

Os seguintes implementos e máquinas foram utilizados na condução do experimento:

- * Plantadora de batata de 2 linhas, marca Watanabe, montada ao sistema hidráulico de levante a três pontos do trator.
- * Roçadora marca KAMAQ.
- * Ancinho enleirador VICON com 4 rolos de dentes.

- * Enxada rotativa FUJIAGRO com 24 facas tipo “L” dispostas em 6 flanges (4 facas flange⁻¹) trabalhando a 240 RPM no rotor e placa de impacto abaixada.
- * Trator Massey Ferguson, modelo MF 275 4 x 2 (TDA) com 53,73 kw de potência máxima no motor, a 2000 rpm, e massa em ordem de marcha de 4.650 kg.

3.3.1. Plantadora de batata

Na figura abaixo pode ser visualizada a máquina utilizada para o plantio de batata, antes das adaptações.



Figura 1 – Máquina para plantio de batata marca Watanabe.

Constituição da máquina utilizada :

1 - Barra porta-ferramentas, de tubo quadrado de 8,0 x 8,0 cm.

2 - Mastro ou torre

Corresponde à união dos três pontos de engate da máquina ao trator, nele nenhuma modificação foi efetuada.

3 – Sulcador, fixado na extremidade inferior da barra de suporte por meio de dois parafusos sendo um de fixação e outro que funciona como fusível.

4 – Separador, fixado por uma haste que pode ser regulada quanto à profundidade de trabalho tem a função de separar o adubo do tubérculo.

5 - Depósito metálico de adubo, com capacidade para armazenar 250 kg de adubo.

6 - Mecanismo dosador de adubo

7 - Depósito metálico de batata-semente, com a capacidade para 150 kg.

8 - Mecanismo de distribuição da batata-semente, composto de um conjunto de conchas acionado pela roda de solo.

9 - Roda de solo, tipo pneumático com função de sustentação e acionamento dos dosadores de adubo e batata-sementes.

10 - Discos cobridores

3.4. Descrição dos tratamentos

Os tratamentos foram definidos em função de:

- a) adaptações na máquina de plantio de batata, operando de três formas;
- b) presença ou ausência da amontoa.

No Quadro 5, estão apresentados os tratamentos, com as respectivas descrições e operações:

Quadro 5 – Descrição dos tratamentos estudados

Tratamento	Descrição
PCSA	Plantio convencional sem amontoa, executado com a plantadora na condição original, sendo o solo preparado com duas passadas de enxada rotativa que operava a 240 rotações por minuto no rotor com 04 facas em cada flange num total de 24 facas no eixo. A placa de impacto da enxada rotativa estava abaixada;
PCCA	Idem anterior, porém com a realização da amontoa;
PDSA	Plantio direto sem amontoa, executado com a plantadora adaptada conforme adaptação 1, descrita em 3.6, em que os separadores de batatas receberam hastes escarificadoras, efetuado em solo que teve a vegetação natural (mucuna) removida, porém não revolvido com implementos de preparo do solo;
PDCA	Idem anterior, porém com a realização da amontoa;
CMSA	Plantio caracterizado como cultivo mínimo sem amontoa, executado com a plantadora adaptada conforme adaptação 2, descrita em 3.6, em que recebeu o conjunto de discos de grades na dianteira e o sulcador tipo bota para colocação do adubo em profundidade, efetuado em solo que teve a vegetação natural (mucuna) removida, porém não revolvido com implementos comuns de preparo do solo e sim com os discos de grade adaptados na dianteira da plantadora.
CMCA	Idem anterior, porém com a realização da amontoa.

Uma das modificações da plantadora (Adaptação 3) em que havia disco liso colocado na dianteira da plantadora, sulcador tipo bota e um conjunto de discos duplos defasados para abertura do sulco e colocação dos tubérculos não foi avaliada, pois as condições do solo não permitiram o aprofundamento ideal do conjunto.

3.5. Delineamento experimental e análise estatística

As parcelas mediam 33 m de comprimento por 4,0 m de largura, nas extremidades havia um espaço de 10,0 m para manobras e estabilização da velocidade. As subparcelas mediam 16,5 m correspondendo à metade de cada parcela.

Foram efetuados sorteios dos tratamentos dentro dos blocos e da amostra dentro das parcelas. A disposição das parcelas no campo é mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Disposição dos tratamentos no campo

BLOCO 01		BLOCO 03	
PCSA	PCCA	PDSA	PDCA
CMCA	CMSA	PCCA	PCSA
PDSA	PDCA	CMCA	CMSA
BLOCO 02		BLOCO 04	
PDCA	PDSA	CMSA	CMCA
CMSA	CMCA	PCCA	PCSA
PCCA	PCSA	PDSA	PDCA

Foram estudados os efeitos de sistemas de plantio (Plantio convencional, Plantio direto e Cultivo mínimo), e da prática da amontoa (ausência e presença). O experimento foi delineado em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas, sendo que nos blocos ficaram o sistema de plantio e nas sub-parcelas a prática da amontoa. Foram feitas quatro repetições.

Para apresentação dos resultados os dados foram tabulados no Excel e analisados no programa estatístico SAEG (Sistemas de Análises Estatísticas e Genética). Para a análise de variância (ANOVA), primeiramente foram efetuados testes de normalidade e homogeneidade das médias comprovando, assim, as pressuposições necessárias para a execução dos testes específicos.

Para decidir se houve diferença significativa entre os tratamentos, aplicou-se o teste F, comparando-se o valor do F calculado com o F tabelado obtido na tabela de distribuição da variável aleatória F, levando-se em conta o nível de significância do teste (5 %) e os graus de liberdade para tratamentos e resíduo.

Quando o teste F apresentou resultado significativo para tratamentos e, ou, interação, procedeu-se ao teste de médias utilizando-se, o teste de Newman Keuls.

Quadro 6 – Esquema geral da análise de variância (ANOVA) utilizado no experimento

Causa da variação	Graus de liberdade
Blocos	3
Sistema de plantio	2
Resíduo (a)	6
Parcelas	11
Amontoa	1
Interação (Sist. Plantio x amontoa)	2
Resíduo (b)	9
Resíduo total	15
Total	23

O experimento satisfez as recomendações de BANZATTO e KRONKA (1992), quando citam que o número de parcelas experimentais não deve ser inferior a 20 e que o número de graus de liberdade associado aos efeitos dos fatores não controláveis (resíduo total), não deve ser inferior a 10.

3.5.1. Apresentação dos dados

A apresentação dos resultados foi de acordo com a significância encontrada a saber:

a – quando não houve significância dos tratamentos estudados sobre as médias das variáveis dependentes, os resultados foram apresentados conforme Quadro 7.

Quadro 7 –Apresentação dos resultados quando não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a variável medida

Tratamento ¹	Variável 1	Variável 2	Variável 3	Variável 4
PCSA	m ₁ ²	m ₂	m ₃	m ₄
PDSA	M ₅	m ₆	m ₇	m ₈
CMSA	M ₉	m ₁₀	m ₁₁	m ₁₂
PCCA	M ₁₃	m ₁₄	m ₁₅	m ₁₆
PDCA	M ₁₇	m ₁₈	m ₁₉	m ₂₀
CMCA	M ₂₁	m ₂₂	m ₂₃	m ₂₄

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste F

¹ PCSA (Plantio convencional sem amontoa), PDSA (Plantio direto sem amontoa), CMSA (Cultivo mínimo sem amontoa), PCCA (Plantio convencional com amontoa), PDCA (Plantio direto com amontoa) e CMCA (Cultivo mínimo com amontoa).

² m₁, m₂,...m₂₄ equivalem a cada média das observações.

b – quando houve significância dos sistemas de plantio estudados sobre as variáveis dependentes, os resultados foram apresentados conforme Quadro 8 e quando houve significância da prática da amontoa sobre as variáveis dependentes, os resultados foram apresentados conforme Quadro 9.

Quadro 8 – Forma de apresentação dos resultados quando houve efeito significativo dos sistemas de plantio sobre a variável medida

Tratamento	Variável 1	Variável 2	Variável 3	Variável 4
PC ¹	m ₁ ²	m ₂	m ₃	m ₄
PD	M ₅	m ₆	m ₇	m ₈
CM	M ₉	m ₁₀	m ₁₁	m ₁₂

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste F.

¹ PC (Plantio convencional), PD (Plantio direto) e CM (Cultivo mínimo).

²m₁, m₂,...m₁₂ equivalem a cada média das observações.

Quadro 9 – Forma de apresentação dos resultados quando houve efeito significativo da prática da amontoa sobre a variável medida

Tratamento ¹	Variável 1	Variável 2	Variável 3	Variável 4
SA	m ₁ ²	m ₂	m ₃	m ₄
CA	M ₅	m ₆	m ₇	m ₈

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste F.

¹ SA (Sem amontoa) e CA(Com amontoa).

²m₁, m₂,...m₈ equivalem a cada média das observações.

c – quando houve significância da interação entre os sistemas de plantio e a prática da amontoa sobre as médias das variáveis dependentes, os resultados foram apresentados conforme Quadro 10.

Quadro 10 – Forma de apresentação dos resultados quando houve efeito significativo da interação entre os sistemas de plantio e a prática da amontoa

	PC	PD	CM
Sem amontoa (SA)	m ₁ ¹	m ₂	m ₃
Com amontoa (CA)	m ₄	m ₅	m ₆

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

¹ m₁, m₂,...m₆ equivalem a cada média das observações.

3.6. Adaptações na plantadora

As máquinas existentes no mercado foram projetadas e construídas para realizarem o trabalho em terreno preparado, livre de obstáculos, restos excessivos de culturas e de fácil rompimento da camada superficial. Assim a plantadora utilizada recebeu mecanismos que permitiram a abertura do sulco em solo sem revolvimento ou com revolvimento mínimo.

3.6.1. Adaptação 1

Preservou-se a máquina nas condições originais, colocando-se uma haste escarificadora na base do abridor de sulco para colocação da batata e realizou-se o

trabalho em solo não revolvido, conforme experimento conduzido por (EKEBERG e RILEY, 1996), Figura 3.



Figura 3 – Vista lateral do mecanismo adaptado à plantadora, mostrando sulcador frontal, e separador do adubo com haste escarificadora.

3.6.2. Adaptação 2

Foi adaptado à plantadora um mecanismo que revolvesse o solo apenas na linha de plantio. Foram colocados dois discos de 18”, de bordas recortadas, com ângulo horizontal de 15° em relação à linha da barra porta-ferramentas, na frente de cada conjunto de plantio, tornando a plantadora um implemento multi-tarefa (policultor), conforme apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Vista lateral do mecanismo adaptado à plantadora, mostrando conjunto de discos de grade, sulcador tipo bota e separador de adubo.

3.6.3. Adaptação 3

Tomou-se como referência máquinas de semeadura direta de cereais que possuía disco liso de corte de palhada e discos duplos defasados para abertura de sulco e colocação das sementes, assim construiu-se um mecanismo semelhante para a máquina de plantio de batata. O esquema geral da plantadora adaptada é apresentado na Figura 5.



Figura 5 – Vista lateral do mecanismo adaptado à plantadora, mostrando disco de corte frontal, sulcador tipo bota, disco duplo, suporte do sulcador e elevação da esteira.

Com a colocação do sulcador tipo bota e condutor de adubo, foi construído um sistema de captação e condução do adubo, da base da esteira distribuidora até o tubo condutor, que fica na parte traseira do sulcador. Foi necessária a elevação do depósito de adubo para instalação do sistema de captação de adubo, elevando-se o eixo de acionamento das esteiras e cilindro. Tal elevação se fez necessária visando a colocação do adubo em profundidade, onde seria aproveitado pelas plantas e não sobre a superfície do solo como normalmente acontece com a plantadora.

3.7. Mecanismos adaptados à plantadora

Os mecanismos adaptados à plantadora, conforme propostas de Adaptação 1, 2 e 3 são mostrados nas Figuras 6 a 19

A Figura 6 apresenta o separador com a haste escarificadora que foi construída para rompimento do solo e utilizado na adaptação 1 da máquina e no plantio direto (PD).

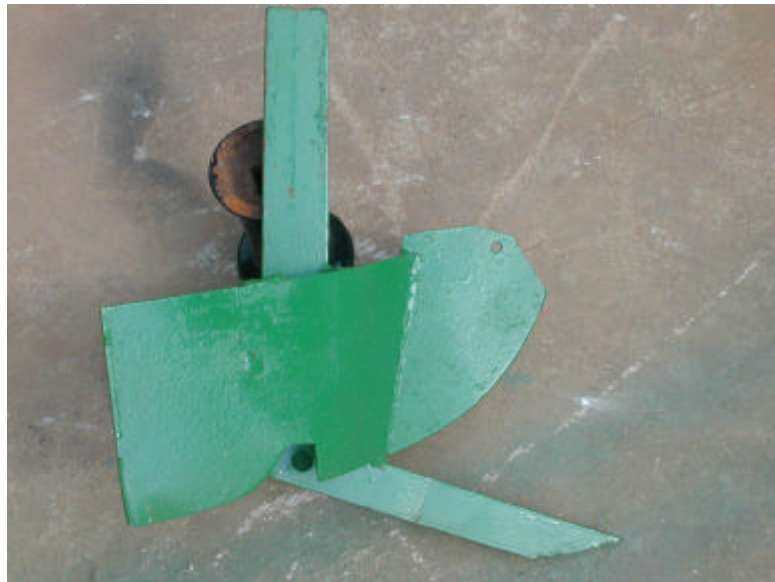


Figura 6 – Separador com haste escarificadora para rompimento do solo – Adaptação 1.

A Figura 7 apresenta as medidas das peças usadas na construção do separador com haste escarificadora, utilizado na adaptação 1 da máquina e no plantio direto (PD).

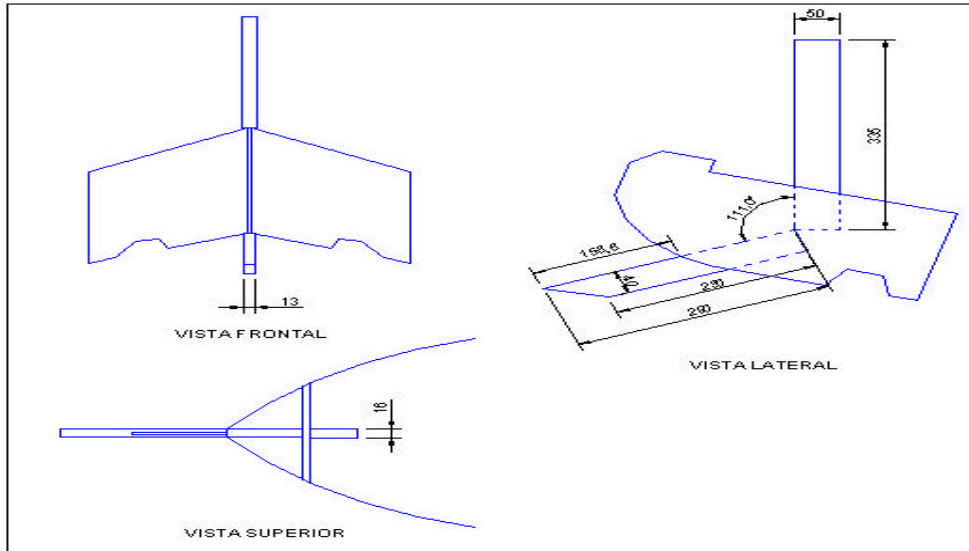


Figura 7 – Medidas das peças usadas na construção do separador com haste escarificadora – Adaptação 1.

A Figura 8 apresenta vista frontal da plantadora, mostrando os suportes do conjunto de discos utilizados na adaptação 2 e cultivo mínimo (CM).



Figura 8 – Vista frontal da plantadora – Adaptação 2.

A Figura 9 apresenta detalhes e medidas das peças usadas na construção dos suportes de sustentação dos conjuntos de discos utilizados na Adaptação 2 e no cultivo mínimo (CM).

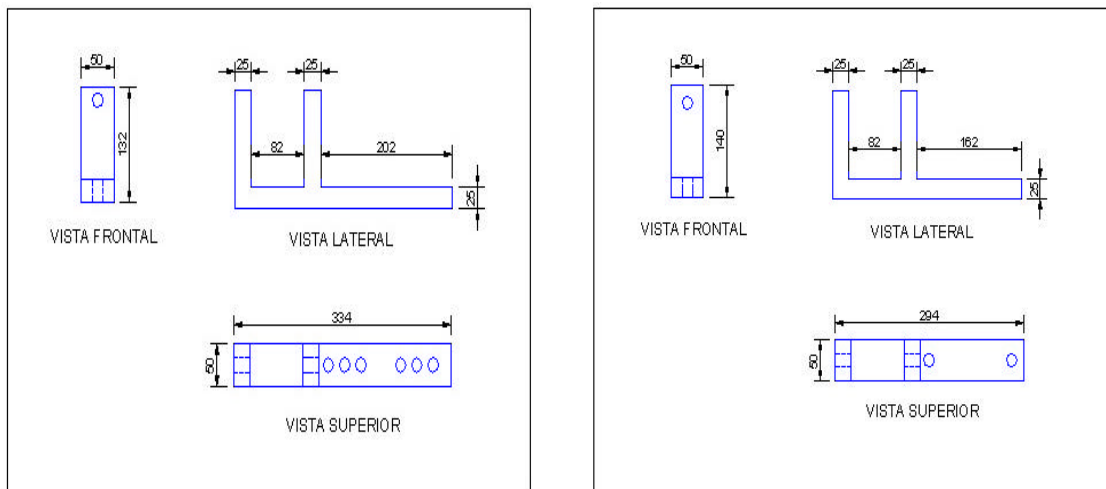


Figura 9 - Detalhes e medidas das peças usadas dos suportes de sustentação dos conjuntos de discos – Adaptação 2.

A Figura 10 apresenta vista inferior da plantadora, mostrando os suportes construídos para dar sustentação aos discos utilizados na adaptação 2 e cultivo mínimo (CM)

A Figura 11 apresenta detalhes e medidas das peças usadas na construção dos suportes de sustentação dos discos para adaptação 2 e cultivo mínimo (CM).

A vista inferior da plantadora, mostrando a peça construída para fixar o sulcador tipo bota na adaptação 3 da plantadora está mostrada na Figura 12.

Já a Figura 13 apresenta as dimensões das peças do suporte fixador do sulcador tipo bota na adaptação 3 da plantadora, enquanto a Figura 14 apresenta a vista frontal da plantadora mostrando disco liso cortador e suporte utilizado na adaptação 3 da plantadora, cujas medidas das peças estão detalhadas na Figura 15.



Figura 10 – Vista inferior da plantadora, com suportes de sustentação dos discos - Adaptação 2.

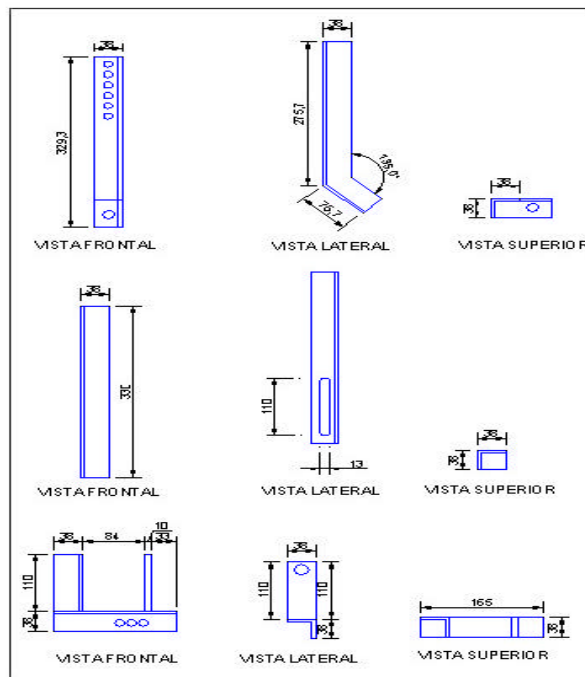


Figura 11 – Detalhes e medidas das peças dos suportes de sustentação dos discos Adaptação 2.



Figura 12 – Vista inferior da plantadora, mostrando peça fixadora do sulcador tipo bota – Adaptação 3.

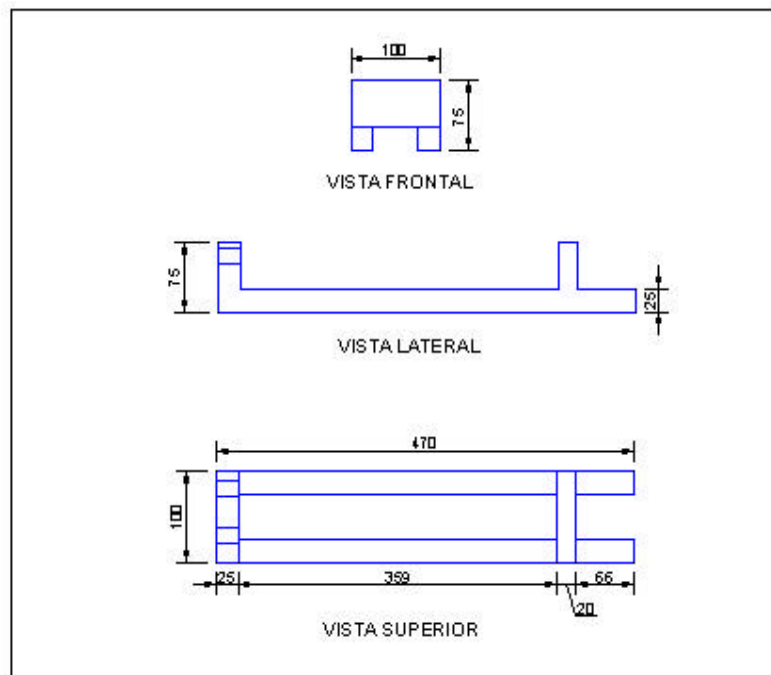
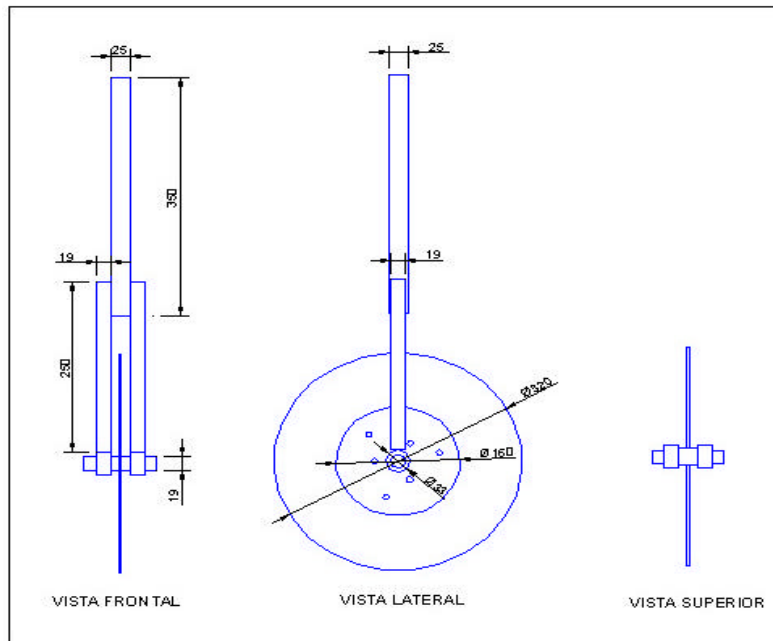


Figura 13 – Dimensões das peças do suporte fixador do sulcador tipo bota – Adaptação 3.



Figura 14 – Vista frontal da plantadora mostrando disco liso cortador e suporte utilizado na Adaptação 3.



A Figura 15 – Medidas das peças usadas na construção do disco liso cortador e do suporte – Adaptação 3.

Observa-se pela Figura 16 a vista frontal da plantadora mostrando sulcador tipo bota utilizado na adaptação 3 da plantadora, estando as medidas das peças apresentadas na Figura 17.



Figura 16 – Vista frontal da plantadora mostrando sulcador tipo bota – Adaptação 3.

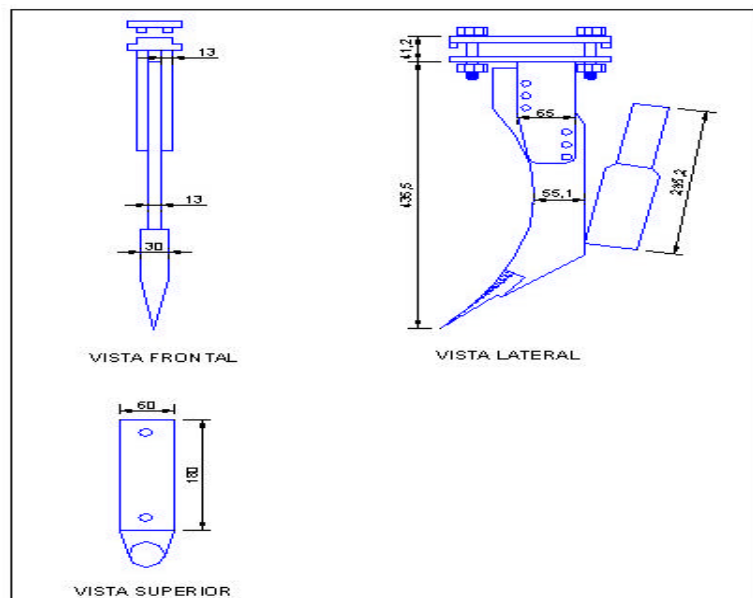


Figura 17 - Medidas das peças do sulcador tipo bota – Adaptação 3.

Finalmente, a Figura 18 apresenta o eixo e o suporte construído para montar o disco duplo na adaptação 3 da plantadora, estando os detalhes e medidas apresentados na Figura 19.



Figura 18 - Eixo e suporte para montagem do disco duplo – Adaptação 3.

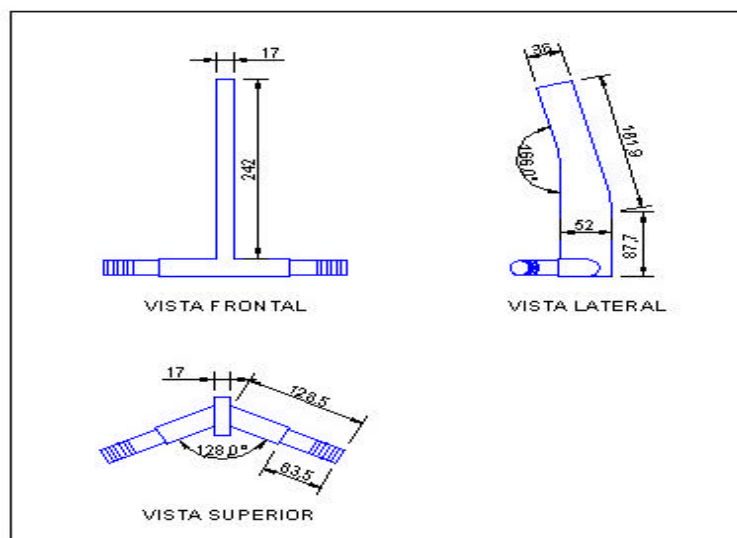


Figura 19 - Medidas das peças usadas na construção do conjunto onde foram montados os discos duplos – Adaptação 3.

3.8. Dimensionamento das peças adaptadas

Fez-se o dimensionamento das peças envolvidas em esforços ligados ao solo, tais como suporte de disco liso cortador, disco duplo, haste escarificadora e barras de sustentação do conjunto de discos de bordas recortadas visando determinar o fator de segurança utilizado na construção das mesmas. Foram desprezados os cálculos e dimensionamentos na construção de peças necessárias à sustentação e elevação do depósito e mecanismo de distribuição de adubo.

Os valores relativos às forças necessárias para o rompimento do solo com as diferentes peças adaptadas foram tirados da literatura tomando-se como base aqueles indicados para solos argilosos secos. Os elementos estruturais foram dimensionados utilizando equações clássicas de elementos de máquinas e resistência de materiais, tais como, FAIRES (1979), PROVENZA (1970) e SHIGLEY (1984).

Para os dimensionamentos das peças adaptadas foram usadas as seguintes equações.

Momento de inércia

$$M = F_s * d \quad (\text{eq. 1}),$$

em que

M = momento de inércia (N . m);

F_s = força de reação do solo (N) e

d = distância da aplicação da força até o ponto crítico (m)

Momento polar de inércia

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (\text{eq. 2}),$$

em que

I = momento polar de inércia (N);

b = largura da seção da peça (m⁴) e

h = altura da seção da peça (m)

Tensão normal de tração

$$\sigma_x' = \frac{M \cdot c}{I} \quad (\text{eq. 3}),$$

em que

σ_x' = tensão normal de tração (N);

M = momento de inércia (N . m); e

c = distância da linha neutra até a fibra superior ou inferior da peça (m).

Tensão de cisalhamento devido à força cortante

$$\sigma = \frac{V}{A} \quad (\text{eq. 4}),$$

em que

σ = tensão de cisalhamento (N);

V = força cortante (N) e

A = área da seção da peça (m²)

3.8.1. Dimensionamento do disco liso cortador

O diâmetro do disco foi calculado de acordo com ORTIZ-CAÑAVATE (1989) seguindo a seguinte equação:

$$D = 2(p_1 + d) \quad (\text{eq. 5}),$$

em que

D – diâmetro do disco (cm):

P_1 – profundidade máxima de trabalho do disco (cm);

d – distância mínima do centro do disco até o plano do solo (cm).

O valor atribuído a d não deve ser inferior a 6,0 cm, segundo os citados autores, para que o disco corte sem que haja arraste.

A resistência do solo e raízes ao corte dos discos foi determinada por meio das componentes horizontais e verticais, segundo as equações citadas por BALASTREIRE (1987) e BERNACK (1972).

$$kt = \sqrt{(Ktx)^2 + (Kty)^2} \quad (\text{eq. 6}),$$

em que

Kt – resistência do solo ao corte do disco (N);

Ktx – componente horizontal do corte do disco (N);

Kty – componente vertical de corte do disco (N).

As componentes horizontais e verticais de corte do disco foram calculadas pelas seguintes equações:

$$Ktx = Kn.a \quad (\text{eq. 7}),$$

em que

Kn – resistência específica ao corte por unidade de seção do solo (N m^{-1});

a – profundidade de corte (m).

$$Kty = Ktx. \tan(\alpha - \varphi) \quad (\text{eq. 8}),$$

em que

α – ângulo em função do diâmetro do disco e da profundidade de corte, determinado por:

$$\text{sen } \alpha = 1 - \frac{a}{d} \quad (\text{eq. 9}),$$

φ – ângulo de atrito com o solo

$$j = \arctan m_t \quad (\text{eq. 10}),$$

μ_z – coeficiente de atrito, adimensional.

3.8.2. Cálculo da resistência ao corte do disco

Utilizou-se, para determinação das forças envolvidas, parâmetros físicos de solos argilosos.

Cálculo de K_{tx}

Dos valores citados por Balastreire (1987), $K_n = 2$ a 4 kgf cm^{-1} de profundidade, foi utilizado o valor máximo de $4 \text{ kgf cm}^{-1} = 3920 \text{ N m}^{-1}$ e $a = 0,10 \text{ m}$. Substituindo os valores na equação 7, obteve-se:

$$K_{tx} = 392 \text{ N}$$

Cálculo de K_{ty}

Como $a = 0,10$ m e $D = 0,32$ m substituindo na equação 9, obteve-se $\alpha = 43,43^\circ$.

Dos valores utilizados por MOREIRA (1997), para solo argiloso seco com ferramenta de aço polido, $\mu_z = 0,33$. Substituindo na equação 10 obteve-se $\varphi = 18,26^\circ$:

Substituindo α na equação 8, obteve-se:

$$K_{ty} = 184,21 \text{ N}$$

Substituindo $K_{ty} = 184,21$ N na equação 6, obteve-se:

$$K_t = 433,12 \text{ N}$$

3.8.3. Dimensionamento do suporte do disco liso cortador

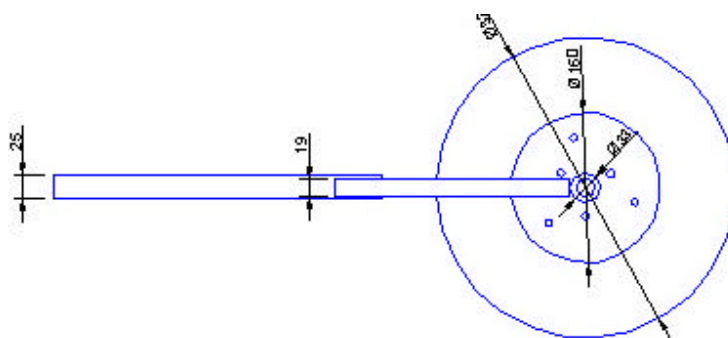


Figura 15B - Medidas das peças do disco liso cortador – Adaptação 3.

Considerando a força de reação do solo calculada anteriormente de 433,12 N calcula-se a tensão de compressão e tração no suporte do disco, sabendo-se que o

ponto crítico da peça é na base do engastamento da mesma ao chassi da plantadora que está a 0,35 m acima do ponto de aplicação da força de reação (F_s), assim tem-se:

a) Momento de inércia

$$M = F_s \cdot d \rightarrow M = 433,12 \cdot 0,35 \rightarrow M = 151,59 \text{ N.m}$$

b) Momento polar de inércia

Considerando-se o ponto crítico na metade da peça que mede 25 mm x 25 mm, calcula-se o momento polar de inércia pela equação:

$$I = (b \cdot h^3)/12 \rightarrow I = (25 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^3)/12 \rightarrow 3,26 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

c) Tensão normal de tração em x

$$\sigma_{1xt} = (M \cdot d)/I \rightarrow \text{substituindo os valores encontrados tem-se:}$$

$$\sigma_{1xt} = 58,125 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2} \text{ **TRAÇÃO**}$$

Como a tensão de compressão no mesmo ponto da peça é a mesma de tração, porém atuando em sentido contrário tem-se:

$$\sigma_{1xc} = \sigma_{1xt} = -58,125 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2} \text{ **COMPRESSÃO**}$$

d) Tensão de cisalhamento no ponto crítico da peça, calculado pela expressão:

$$\tau = F_s/A$$

$$A = \text{área da peça} = 25 \text{ mm} \cdot 25 \text{ mm} = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\tau = 433,12 / (6,25 \cdot 10^{-4}) = 0,69 \text{ N.m}^2 \text{ CISALHAMENTO}$$

Sabendo-se que $1 \text{ N m}^{-2} = 1 \text{ Pa}$, tem-se:

$$\text{Maior tensão é a de tração} = 58,25 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-1} = 58,25 \text{ MPa}$$

Para trabalhar com um coeficiente de segurança de 3, tem-se:

$$\Sigma_u = C_s \cdot \Sigma_{ADM} = 58,25 \cdot 3 = 174,75 \text{ Mpa}$$

O aço G10100 LQ que possui $\Sigma_u = 179,14 \text{ MPa}$ atende a necessidade com um C_s de 3,07.

Os dimensionamentos das demais peças adaptadas à plantadora seguiram, em linhas gerais, o apresentado anteriormente e se encontram no apêndice H.

3.9. Variáveis avaliadas

3.9.1. Porcentagem acumulada de agregados do solo (Pa)

A porcentagem acumulada de agregados (Pa) do solo obtida pela Equação 11, determinada com os resultados obtidos no peneiramento das amostras de solo, indica, comparativamente entre duas ou mais amostras qual as que possuem maiores quantidades de agregados de menor ou maior diâmetro. Valores maiores

comparados a outros menores, indicam que aqueles maiores representam amostras com maiores quantidades de agregados de menores diâmetros e vice-versa.

$$P_a = (P_1) + (P_1+P_2) + \dots + (P_1 + P_2 + \dots + P_n) \quad (\text{eq. 11}),$$

em que

P_a = Porcentagem acumulada de agregados;

P_1 = Porcentagem acumulada na peneira número 1 (menores que 0,105 mm);

P_2 = Porcentagem acumulada na peneira número 2 (entre 0,105 e 0,25 mm);

P_3 = Porcentagem acumulada na peneira número 3 (entre 0,25 e 0,5 mm);

P_4 = Porcentagem acumulada na peneira número 4 (entre 0,5 e 1,0 mm);

P_5 = Porcentagem acumulada na peneira número 5 (entre 1,0 e 2,0 mm); e

P_n = Porcentagem acumulada na peneira número 6 (maiores que 2,0 mm).

3.9.2. Porcentagem de agregados do solo retidos por classe de tamanho

Determinado de acordo com proposta de GAMERO e BENEZ (1990), usando-se a equação:

$$P = \frac{W_i}{\sum W_i} \cdot 100 \quad (\text{eq. 12}),$$

em que

P = porcentagem de agregados retidos por classe de tamanho (%); e

W_i = massa de agregados retida em cada classe de tamanho (g).

3.9.3. Módulo de finura (MF) dos agregados

Determinado conforme FREIRE (1972):

$$MF = \frac{Pa}{100} \quad (\text{eq. 13}),$$

em que

MF = módulo de finura dos agregados; e

Pa = porcentagem acumulada de agregados (%).

3.9.4. Diâmetro médio ponderado dos agregados do solo (DMP)

Foi utilizada a metodologia da EMBRAPA (1997), por via úmida, com amostras coletadas de 0-10 cm de profundidade, sendo cada amostra composta de cinco amostras simples coletadas em cada parcela. As amostras foram coletadas em duas épocas, sendo a primeira logo após o preparo do solo (antes do plantio) e a segunda após a colheita.

Em cada subparcela foram retiradas 5 (cinco) amostras simples para a composição de 1 (uma) amostra composta, utilizada para determinação do DMP.

As amostras foram cuidadosamente acondicionadas e transportadas em sacos plásticos, secadas ao ar até a estabilização da umidade e peneiradas em peneirador vertical, sendo aproveitadas as frações entre 4 e 2 mm para o peneiramento úmido.

Os resultados do peneiramento úmido foram utilizados para determinação do Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Porcentagem Acumulada em cada classe de tamanho (Pa) e Módulo de Finura (MF).

O DMP foi determinado de acordo com VIEIRA (1992):

$$DMP = \frac{\sum W_i D_i}{W} \quad (\text{eq. 14}),$$

em que

DMP = Diâmetro médio ponderado (mm);

W_i = Quantidade retida em cada classe de tamanho (g);

D_i = Diâmetro do furo da peneira correspondente a cada W_i (mm); e

W = Massa da amostra (g).

3.9.5. Densidade do solo

As densidades do solo e de partículas foram determinadas conforme EMBRAPA (1997), em duas épocas, sendo uma antes do plantio e após o preparo do solo e outra após a colheita. As amostras foram coletadas com amostrador tipo anel volumétrico de 5,0 cm de altura e 3,32 cm de diâmetro, tomando-se duas amostras em cada parcela, à profundidade de 0-10 cm.

3.9.6. Micro e macro porosidade do solo

As amostras indeformadas foram coletadas nas linhas de plantio, antes da amontoa e após a colheita com amostrador tipo anel volumétrico de 5,0 x 3,32 para determinar modificações na camada de 0-10 cm do solo. Tais amostras foram deixadas em mesa de tensão para determinação da micro, macro e porosidade total. Após a determinação destas variáveis, as amostras foram utilizadas para determinação da densidade aparente e densidade de partículas do solo, segundo EMBRAPA (1997).

3.9.7. Velocidade de deslocamento do trator

Para determinar a velocidade de deslocamento do trator, foram utilizados um cronômetro eletrônico, uma trena de 30 m e balizas. Utilizou-se a seguinte equação:

$$V = \frac{e}{t} \cdot 3,6 \quad (\text{eq. 15}),$$

em que

V - Velocidade de deslocamento (km h^{-1});

e - Espaço percorrido durante a realização do trabalho (m);

t - Tempo gasto para percorrer o espaço determinado (s).

3.9.8. Capacidade operacional efetiva dos implementos

A capacidade operacional efetiva foi calculada usando a seguinte equação:

$$CO = V \cdot L \cdot 0,1 \quad (\text{eq. 16}),$$

em que

CO = Capacidade operacional efetiva (ha h^{-1});

V = Velocidade de deslocamento do trator na atividade (km h^{-1});

L = Largura de trabalho do implemento (m).

3.9.9. Consumo de combustível nas operações de preparo do solo e plantio

O consumo de combustível foi determinado, utilizando-se fluxômetro desenvolvido no Laboratório de Mecanização Agrícola da UFV, constituído de uma bureta graduada com registro direcionador. A bureta fornecia o volume consumido em mililitros por unidade de tempo e o registro direcionava o fluxo do tanque para a bureta, e da bureta para o sistema de alimentação.

Para as tomadas das medidas, (tempo e consumo), mediu-se 20 m ao longo das parcelas e foram colocadas balizas em cada ponto para orientação quanto ao acionamento do cronômetro e acionamento do registro do fluxímetro no início e travamento e fechamento dos equipamentos citados, respectivamente no final da marcação.

Cada parcela preparada com enxada rotativa recebeu uma segunda passada com o mesmo implemento visando deixar o solo o mais próximo possível das condições deixadas pelos bataticultores. Também para a segunda operação de enxada rotativa os valores (tempo, consumo) foram medidos como feito na primeira operação.

De posse do consumo de cada tratamento, determinou-se:

3.9.10. Consumo horário de combustível nas operações de preparo do solo e plantio

O Consumo horário de combustível foi obtido pela equação 17 e utilizado para determinar o consumo por área trabalhada.

$$Ch = \frac{3600 \cdot c}{T} \quad (\text{eq. 17}),$$

em que

Ch = Consumo horário de combustível (ml h^{-1});

c = Consumo de combustível na parcela (ml);

T = Tempo gasto na parcela (s).

3.9.11. Consumo de combustível por área trabalhada

O consumo de combustível por área trabalhada foi determinado pela equação:

$$Ca = \frac{Ch}{Ct} \quad (\text{eq. 18}),$$

em que

Ca = Consumo de combustível por área trabalhada (ml ha^{-1});

Ch = Consumo horário de combustível para a operação (ml h^{-1}); e

CO = Capacidade operacional efetiva (ha h^{-1}).

3.9.12. Resistência do solo à penetração

Para determinar a resistência do solo à penetração, foi utilizado o penetrógrafo marca HESLER, com cone padrão ASAE de 30° , com comprimento da haste de 700 mm, diâmetro da base 200 mm^2 e diâmetro da haste 10 mm. O registro era feito em ficha própria, que fornecia a resistência à penetração em função da profundidade.

Foram realizadas quatro determinações, em cada parcela, sendo duas antes da instalação da cultura e duas após a colheita.

A resistência média do solo à penetração foi calculada, conforme VIEIRA (1992), tomando-se as resistências pontuais em 0; 50; 100; 150 e 200 mm de

profundidade. Foram somadas as resistências e dividiu-se o valor pelo número de leituras, obtendo-se o IC_{200} por meio da seguinte equação:

$$IC_{200} = \frac{\Sigma \text{ das leituras de 0 - 200mm}}{\text{número de leituras}} \quad (\text{eq. 19}),$$

em que

IC_{200} = Índice de cone de 0 a 200 mm.

3.9.13. Umidade do solo

Foram coletadas duas amostras em cada parcela, com o anel volumétrico, as profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Estas determinações se deram pelo método gravimétrico-padrão com base na massa de solo secado em estufa, à temperatura de 105-110°C até obtenção de massa constante conforme EMBRAPA (1997).

3.9.14. Análise granulométrica dos agregados do solo

A caracterização granulométrica foi determinada pelo método de sedimentação e peneiramento, conforme Norma Brasileira ABNT NBR-7181 (1982).

3.9.15. Índice de velocidade de emergência das plantas (IVE)

A velocidade de emergência das plantas foi avaliada utilizando-se o Índice de velocidade de emergência (IVE), determinado pela equação:

$$IVE = \left[\frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n} \right] \quad (\text{eq. 20}),$$

em que

IVE = índice de velocidade de emergência;

N_1 = número de plântulas emersas na primeira contagem;

D_1 = número de dias do plantio até a primeira contagem;

N_2 = número de plântulas emersas entre a primeira e a segunda contagem;

D_2 = número de dias do plantio até a segunda contagem;

N_n = número de plântulas emersas entre a penúltima e a última contagem;

D_n = número de dias do plantio até o último dia de contagem;

A partir do início da emergência das hastes, as duas linhas centrais de cada parcela tiveram suas plantas contadas a cada 5 dias até a completa emergência.

3.10. Instalação e condução da cultura

3.10.1 Plantio

O plantio dos tubérculos-semente, em todos os tratamentos foi feito com o trator em primeira marcha reduzida e motor a 1200 rpm. Para garantir a distribuição uniforme dos tubérculos ao longo das linhas de plantio foram utilizados 2 operadores para retirar o excesso de tubérculos transportados nas conchas de distribuição.

Foram utilizados tubérculos em início de brotação, da cultivar Monalisa pesando em torno de 35 g cada. Os tubérculos foram plantados a aproximadamente,

0,1 m de profundidade à razão de quatro tubérculos m^{-1} , em linhas espaçadas de 0,75 m uma da outra.

Após o plantio foi aplicado, manualmente, com aplicador construído com garrafa de refrigerante vazia, o inseticida de solo Granutox à razão de 10 g m^{-1} e coberto manualmente com enxada.

3.10.2. Adubação

Utilizou-se, por hectare, 4.000 kg da fórmula 04-14-08 + 9,6 kg de bórax + 0,2 kg Sulfato de magnésio, aplicados no sulco de plantio por meio do mecanismo de adubação da própria plantadora. Para assegurar a perfeita distribuição do adubo no sulco de plantio manteve-se um trabalhador que promovia a agitação do adubo no depósito, impedindo a formação de bolsões de ar no interior do depósito.

3.10.3. Controle de plantas daninhas

No 18^o dia após o plantio, antes da emergência das plantas de batata, fez-se o controle de plantas daninhas aplicando-se herbicida à base de glifosate em toda área, (3L ha^{-1}). Foram gastos 170 L de calda com aplicador de 3 bicos Teejet 10202.

Após o completo secamento das plantas invasoras, 10 dias após a aplicação do glifosate, foi aplicado herbicida pré emergente, à base de Metribuzin, utilizando-se $0,7\text{ L ha}^{-1}$. Foram gastos 170 L de calda ha^{-1} , aplicados com pulverizador de três bicos Teejet 10202.

Após a emergência da cultura fez-se mais uma capina manual.

3.10.4. Adubação em cobertura

Foi utilizado o sulfato de amônio na base de 250 kg ha⁻¹ de nitrogênio, aplicado manualmente próximo às hastes das plantas e abaixo das folhas, tomando-se o cuidado para não deixar o adubo em contato com a planta. Após a adubação em cobertura foi feita a irrigação.

3.10.5. Manejo da irrigação

Os aspersores e linhas de irrigação foram montados e sempre operaram na mesma posição na área. Utilizou-se três linhas com três aspersores cada para o completo molhamento da área de cultivo. O manejo da irrigação seguiu, em linhas gerais, as recomendações de DAKER (1976).

A uniformidade de distribuição da água e a vazão dos aspersores foram avaliadas seguindo SALASSIER (1982), não havendo necessidade de trocá-los, ou redistribuí-los. Foram aplicados 434 m³ de água, em irrigações semanais, sendo a primeira logo após o plantio e a última por ocasião do secamento das hastes da batata. As primeiras irrigações tiveram turno de rega de aproximadamente 30 minutos e as seguintes 40 minutos. O provimento hídrico da batata foi exclusivamente por irrigação, uma vez que não houve chuva no período entre o plantio e a colheita da cultura.

3.10.6. Controle fitossanitário

Fez-se o controle preventivo de pragas e doenças, aplicando-se produtos normalmente utilizados pelos bataticultores, aplicados com pulverizador costal manual e estacionário manual (capeta).

3.10.7. Colheita

Antes da colheita, estando as plantas em final de senescência, com a finalidade de uniformizar a maturação e facilitar a colheita, aplicou-se o herbicida à base de Paraquat, à razão de dois L ha⁻¹.

A colheita foi realizada com as plantas totalmente secas. Em cada sub parcela, com 4 linhas espaçadas de 0,75 m e 16,5 m de comprimento, foram sorteados cinco m em cada linha, lançando-se uma haste de bambu com a medida supra sobre as leiras e naquele espaço as plantas foram colhidas. As plantas foram colhidas em 15 m² de cada sub parcela, totalizando 30,3 % da área útil do experimento. Nas 24 sub parcelas foram colhidos 1.185 kg de tubérculos, os quais foram utilizados nas determinações futuras.

A colheita foi realizada com enxada, separando-se todos os tubérculos de cada planta para posterior contagem do número de plantas colhidas dentro da área estipulada. Após a retirada dos tubérculos do solo, os mesmos foram deixados no campo por período de três horas, suficiente para secagem superficial da película e então recolhidos em sacos próprios, devidamente numerados, para posterior seleção, classificação, contagem e verificação de massa.

3.10.8. Seleção e classificação dos tubérculos colhidos

Imediatamente após, os sacos foram transportados para um ambiente iluminado e iniciou-se o processo de seleção e classificação dos tubérculos, utilizando-se uma balança eletrônica com precisão de 0,001 kg e mesa de classificação. Os tubérculos foram selecionados inicialmente em comerciais e não comerciais. Dentre os comerciais fez-se a classificação por tamanho de acordo com o artigo 5 da Portaria número 307 de 27 de maio de 1977 e lei número 6.305 de 15 de dezembro de 1975 e nos não comerciais quantificou-se os tipos de defeitos ou

anomalias conforme Quadros 11 e 12. Os valores de massa e número de tubérculos colhidos na parcela experimental foram divididos pelo número de plantas existentes na parcela para expressar a massa e o número por planta e divididos pela área para obter a produção por área.

Quadro 11 – Critério de seleção dos tubérculos de acordo com o destino

Comercial	Não comercial
Sem defeitos	Verdes
	Rachados
	Embonecados
	Menores que 20 mm

Quadro 12 – Classificação dos tubérculos de acordo com o tamanho

Grande	Médio	Miúdo	Miudinho
Mais de 45 mm	Entre 33 e 45 mm	Entre 23 e 33 mm	Entre 20 e 23 mm

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Porcentagem acumulada de agregados, Módulo de finura e Diâmetro médio ponderado dos agregados do solo

Os valores correspondentes aos agregados do solo estão contidos no Quadro 13 (após o plantio e antes da amontoa). Independente do sistema de plantio, a porcentagem acumulada (Pa), módulo de finura (MF) e diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo após o plantio e antes da amontoa não apresentaram diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

Comportamento semelhante ao anterior também ocorreu com as mesmas variáveis: porcentagem acumulada (Pa), módulo de finura (MF) e diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo quando foram avaliados após a colheita, (Quadro 14). Os valores não apresentaram diferenças estatísticas entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade mostrando que a amontoa não afetou as variáveis estudadas. Resultado semelhante encontrou BOLLER (2000) para DMP.

Quadro 13 – Valores da porcentagem acumulada (Pa), módulo de finura (MF) e diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo avaliados após o plantio e antes da amontoa.

Tratamento ¹	Pa	MF (mm)	DMP (mm)
PC	437,69	4,37	24,78
PD	480,70	4,80	31,56
CM	508,46	5,08	30,00

¹ PC - Plantio convencional, PD - Plantio direto e CM - Cultivo mínimo.

Quadro 14 – Valores da porcentagem acumulada (Pa), módulo de finura (MF) e diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo, determinados após a colheita da cultura da batata

Tratamento ¹	Pa	MF (mm)	DMP (mm)
PCSA	421,67	4,21	22,58
PDSA	420,37	4,20	22,68
CMSA	427,40	4,27	23,37
PCCA	418,55	4,18	22,00
PDCA	494,38	4,94	28,14
CMCA	432,65	4,32	23,81

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - Cultivo mínimo com amontoa.

Pode-se assim optar por sistemas alternativos de plantio que conferem graus de fragmentação semelhantes aos sistemas convencionais, porém com economia de combustível e exigência de menos tempo para a execução das mesmas tarefas.

4.2. Densidade, Micro porosidade e Macro porosidade do solo

O Quadro 15 apresenta os valores de densidade (D), micro e macro porosidade obtidos de amostras coletadas após o preparo do solo e antes do plantio à profundidade de 0 a 10 cm. Independente do sistema de plantio tais características do solo apresentaram valores iguais estatisticamente, não sendo afetadas pelo sistema de plantio. Os valores médios encontrados para densidade do solo (D), micro porosidade e macro porosidade não apresentaram diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F para as amostras coletadas após o plantio, antes da amontoa.

Quadro 15 – Valores da densidade do solo (D), micro porosidade e macro porosidade obtidos de amostras do solo coletadas de 0 a 10 cm de profundidade após o plantio da batata

Tratamento ¹	D (g.cm ⁻³)	Micro porosidade (%)	Macro porosidade (%)
PC	1,19	38,02	22,10
PD	1,26	39,90	14,12
CM	1,26	37,77	15,97

¹ PC - Plantio convencional, PD - Plantio direto e CM - Cultivo mínimo

No Quadro 16 são apresentados os valores da densidade, micro e macro porosidade do solo, obtidos de amostras coletadas após a colheita da cultura.

Quadro 16 – Valores médios para densidade (D), micro porosidade e macro porosidade obtidos de amostras coletadas de 0 a 10 cm de profundidade, após a colheita da cultura

Tratamento ¹	D (g cm ⁻³)	Micro porosidade (%)	Macro porosidade (%)
PCSA	0,92	36,45	23,37
PDSA	0,94	37,12	24,53
CMSA	0,98	35,82	22,37
PCCA	0,93	34,25	27,78
PDCA	1,00	33,17	25,58
CMCA	0,96	36,57	22,44

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - Cultivo mínimo com amontoa

Os valores encontrados para densidade do solo (D), micro porosidade e macro porosidade, Quadro 16, não apresentaram diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F para as amostras coletadas após a colheita da cultura.

4.3. Preparo do solo

4.3.1. Capacidade operacional efetiva e consumo de combustível

No Quadro 17 são apresentados os valores relativos à capacidade operacional efetiva (CO) e consumo de combustível na primeira e segunda passada da enxada rotativa respectivamente.

A segunda passada da enxada rotativa apresentou valor da capacidade operacional ligeiramente maior, houve um acréscimo de 0,05 ha para cada hora trabalhada, tal fato ocorreu provavelmente devido a primeira passada do citado implemento ter feito o primeiro corte e destorroamento do solo, deixando-o em melhores condições de ser trabalhado pela segunda passada.

Quanto ao consumo de combustível, a média para o trabalho da enxada rotativa foi de 20,21 L ha⁻¹ na primeira passada e 15,07 L ha⁻¹ na segunda passada, uma diminuição de 5,14 L ha⁻¹ quando se efetuou a segunda passada da enxada rotativa na mesma área, valor expressivo, considerando-se o preço do combustível.

Quadro 17 – Valores encontrados para capacidade operacional efetiva na primeira e segunda passada da enxada rotativa (CO1 e CO2) e consumo de combustível por hectare

Primeira passada		Segunda passada	
CO1 (ha h ⁻¹)	Consumo de combustível (L ha ⁻¹)	CO2 (ha h ⁻¹)	Consumo de combustível (L ha ⁻¹)
0,19	20,21	0,24	15,06

4.4. Plantio

4.4.1. Consumo de combustível

Considerou-se o consumo para três situações distintas, ou seja:

- 1) valores considerando apenas o plantio;
- 2) valores considerando o plantio e uma passada com a enxada rotativa e
- 3) valores considerando o plantio e duas passadas com enxada rotativa.

Os valores correspondentes ao consumo de combustível para as situações supra mencionadas são apresentados no Quadro 18, bem como as respectivas comparações estatísticas.

Quadro 18 – Consumo de combustível para a operação de plantio sem considerar as operações com enxada rotativa (C), consumo de combustível na operação de plantio somado ao consumo de combustível de uma passada de enxada rotativa (C + 1) e consumo de combustível na operação de plantio somado a duas passadas de enxada rotativa (C + 2)

Tratamento ¹	C (L ha ⁻¹)	C + 1 (L ha ⁻¹)	C + 2 (L ha ⁻¹)
PC	8,89 b	29,10 a	44,17 a
PD	9,50 a	9,50 b	9,50 b
CM	9,43 a	9,43 b	9,43 b

¹ PC - Plantio convencional, PD - Plantio direto e CM Cultivo mínimo.

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente, a 5 % de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Considerando-se apenas o consumo na operação de plantio (C), observa-se que o plantio convencional (PC) apresentou os menores valores, sendo diferente dos demais, (plantio direto e cultivo mínimo), provavelmente devido ao plantio em solo

mobilizado que deve ter oferecido menor resistência ao rompimento pelas ferramentas de abertura do sulco.

Considerando-se o consumo de combustível para a operação de plantio somado aos consumos de combustível de uma e duas passadas de enxada rotativa, observa-se aumento significativo em ambos os casos o que leva a concluir que do ponto de vista de consumo de combustível, deve-se preferir o plantio sem o preparo ou com o mínimo de operações de preparo.

4.4.2. Capacidade operacional efetiva (CO) e Índice de velocidade de emergência das plantas (IVE)

No Quadro 19, observa-se que o cultivo mínimo (CM), apresentou a maior capacidade operacional efetiva para a operação de plantio ($0,21 \text{ ha h}^{-1}$), sendo diferente estatisticamente dos valores encontrados para plantio convencional, (PC) e cultivo mínimo (CM), tal diferença provavelmente foi devido à primeira ação dos discos da grade que fizeram o rompimento da camada superficial do solo facilitando o trabalho das peças de abertura do sulco para adubação e plantio a exemplo do que ocorreu com o menor consumo de combustível ocorrido no referido sistema de plantio.

Os valores de capacidade operacional efetiva para plantio convencional (PC) e plantio direto (PD) não apresentaram diferenças estatísticas entre si, mas diferiram estatisticamente dos valores encontrados para cultivo mínimo (CM).

O plantio convencional (PC), apresentou maior velocidade de emergência (IVE), se comparado com os demais sistemas de plantio. Tal fato provavelmente foi em decorrência das condições da superfície do solo, que no caso do plantio convencional estava livre de torrões de maior diâmetro e outros obstáculos que provavelmente causaram atraso na emergência das plantas nos demais sistemas de plantio.

Segundo SILVA (1992), a maior velocidade na emergência constitui benefício às plantas, uma vez que permanecem menor tempo dentro do solo onde estão mais sujeitas aos ataques de pragas e doenças do solo. Não foram, no entanto, na fase de emergência, observados ataques severos de pragas e doenças dignos de relatos em nenhum dos tratamentos.

Quadro 19 – Valores de capacidade operacional efetiva (CO) e índice de velocidade de emergência (IVE) encontrados nos diferentes sistemas de plantio.

Tratamento ¹	CO (ha h ⁻¹)	IVE
PC	0,17 b	26,89 a
PD	0,16 b	21,65 b
CM	0,21 a	22,18 b

¹ PC - Plantio convencional, PD - Plantio direto e CM - Cultivo mínimo.

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente, a 5 % de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

4.5. Produção classificada de tubérculos e estande

4.5.1. Produção classificada de tubérculos sem diferenças estatísticas

No Quadro 20 são apresentados os valores relativos as massas dos tubérculos comerciais por hectare (CMH), total por hectare (PTH), estande obtido (STD) e porcentagem do estande teórico conseguido no experimento em cada tratamento. A menor diferença entre produção total e produção comercial foi obtida no plantio convencional com amontoa (PCCA), 32.70,85 kg ha⁻¹ e a maior diferença, foi obtida no cultivo mínimo sem amontoa (CMSA), 9.379,33 kg ha⁻¹. A menor massa de

tubérculos comerciais (CMH) foi obtida no cultivo mínimo sem amontoa (CMSA) que foi de 25.996 kg ha⁻¹, valor que se encontra 84,53 % acima da média nacional que é de 15.000 kg ha⁻¹ e 15,86 % acima da média produzida no estado de Minas Gerais que é de 22.437 kg ha⁻¹. A maior massa de tubérculos comerciais (CMH) que foi o obtido no plantio direto com amontoa (PDCA), de 29879 kg ha⁻¹, ficou 99 % acima da média nacional e 33,1 % acima da média de produção do Estado de Minas Gerais.

Quadro 20 – Massa dos tubérculos comerciais (CMH), total (PTH), estande (STD) e porcentual do estande teórico obtido nos diferentes tratamentos

Tratamento ¹	CMH (kg ha ⁻¹)	PTH (kg ha ⁻¹)	STD (plantas ha ⁻¹)	% do estande esperado
PCSA	28.033,82	32.043,65	42.989,25	80,6
PDSA	30.527,03	34.840,12	41.989,5	78,7
CMSA	25.995,99	35.375,32	41.656,25	78,1
PCCA	27.482,29	30.753,14	42.489,38	79,7
PDCA	29.879,19	34.606,34	41.656,25	78,1
CMCA	27.679,68	31.888,63	41.096,87	77,1

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - Cultivo mínimo com amontoa

Considerando os tubérculos mencionados anteriormente, a presença ou ausência da amontoa não alterou significativamente os valores encontrados. Tal fato contraria FILGUEIRA (1999) quando postulou que a amontoa é uma prática imprescindível e aumenta a produtividade.

O estande (Quadro 20), considerando a média de todos os tratamentos, ficou em torno de 80 % do estande teórico que seria em torno de 53.000 plantas ha⁻¹,

considerando a distância entre linhas de 0,75 m e a colocação de 4 tubérculos m⁻¹. Tal redução deveu-se, provavelmente à patinagem da roda motora da plantadora, às possíveis imperfeições na brotação dos tubérculos e irregularidades no mecanismo de distribuição de tubérculos da plantadora.

Os valores encontrados para massa de tubérculos comerciais (CMH) total (PTH) e estande (STD) não apresentaram diferenças significativas estatisticamente, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 20 estão os valores obtidos para produção comercial por hectare (CMH) e produção total por hectare (PTH) obtidas no plantio convencional sem amontoa (PCSA), plantio direto sem amontoa (PDSA), cultivo mínimo sem amontoa (CMSA), plantio convencional com amontoa (PCCA), plantio direto com amontoa (PDCA) e cultivo mínimo com amontoa (CMCA). Observa-se que a maior quantidade de tubérculos produzida por hectare foi obtida no plantio direto sem amontoa (PDSA) e a menor no cultivo mínimo sem amontoa (CMSA). Já a maior produção por hectare foi obtida no cultivo mínimo sem amontoa e a menor no plantio convencional com amontoa.

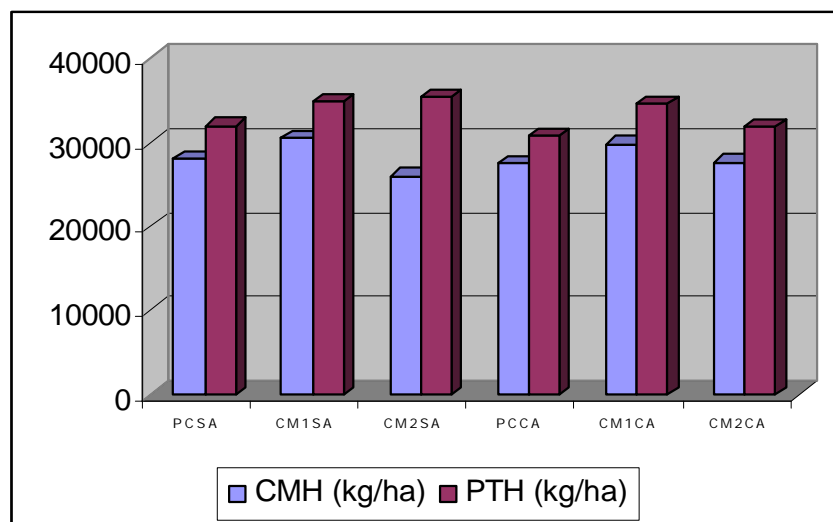


Figura 20 – Produção comercial por hectare (CMH) e produção total por hectare (PTH) obtidas no plantio convencional sem amontoa (PCSA), plantio direto sem amontoa (PDSA), cultivo mínimo sem amontoa (CMSA),

plantio convencional com amontoa (PCCA), plantio direto com amontoa (PDCA) e cultivo mínimo com amontoa (CMCA).

No Quadro 21, são apresentados os valores relativos ao número e massa de tubérculos grandes e médios por planta, obtidos nos diferentes sistemas de plantio, conduzidos na ausência e presença de amontoa.

Quadro 21 – Número de tubérculos grandes por planta (TG), massa de tubérculos grandes por planta (PTG), número de tubérculos médios por planta (TM) e massa de tubérculos médios por planta (PTM) obtidos nos diferentes tratamentos

Tratamento ¹	TG (num planta ⁻¹)	PTG (g planta ⁻¹)	TM (num planta ⁻¹)	PTM (g planta ⁻¹)
PCSA	3,50	509,17	2,02	118,80
PDSA	3,93	570,32	2,21	128,70
CMSA	3,28	494,57	1,67	93,22
PCCA	3,52	499,10	2,09	121,13
PDCA	3,79	573,958	1,92	112,72
CMCA	3,58	521,40	2,09	121,35

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - Cultivo mínimo com amontoa

Os valores encontrados para número de tubérculos grandes por planta (TG), massa de tubérculos grandes por planta (PTG), número de tubérculos médios por planta (TM) e massa de tubérculos médios por planta (PTM) não apresentaram diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

No Quadro 22 são apresentados os valores relativos a massa de tubérculos miúdos (PM1) e miudinhos (PM2), número de tubérculos miudinhos (M2) e quantidade de tubérculos rachados (RC) por planta, obtidos nos diferentes sistemas de plantio, conduzidos na ausência e presença de amontoa.

Quadro 22 – Massa de tubérculos miúdos (PM1), número de tubérculos miudinhos (M2), massa de tubérculos miudinhos (PM2) e número de tubérculos rachados (RC) obtidos nos diferentes tratamentos

Tratamento ¹	PM1 (g planta ⁻¹)	M2 (num planta ⁻¹)	PM2 (g planta ⁻¹)	RC (g planta ⁻¹)
PCSA	24,30	0,56	4,49	0,26
PDSA	22,35	0,72	6,23	0,19
CMSA	32,05	0,59	4,20	0,25
PCCA	25,75	0,56	4,06	0,26
PDCA	25,80	0,64	5,34	0,16
CMCA	27,01	0,62	4,81	0,19

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - cultivo mínimo com amontoa.

Os valores encontrados para massa médio de tubérculos miúdos (PM1), quantidade de tubérculos miudinhos (M2), massa de tubérculos miudinhos (PM2) e quantidade de tubérculos rachados (RC) não apresentaram diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

No Quadro 23 estão os valores relativos a massa de tubérculos rachados (PRC), número de tubérculos verdes grandes (VG), massa de tubérculos verdes grandes (PVG) e verdes médios (VM), obtidos nos diferentes sistemas de plantio,

conduzidos na ausência e presença de amontoa. Houve uma tendência de produzir maior número de tubérculos grandes verdes ao comparar tratamentos sem amontoa com aqueles com amontoa, exceto as comparações entre cultivo mínimo sem amontoa (CMSA) e cultivo mínimo com amontoa (CMCA).

Quadro 23 – Massa de tubérculos rachados produzidos por planta (PRC), número de tubérculos verdes grandes por planta (VG), massa de tubérculos verdes grandes por planta (PVG) e número de tubérculos verdes médios por planta (VM) obtidos nos diferentes tratamentos

Tratamento ¹	PRC (g planta ⁻¹)	VG (num planta ⁻¹)	PVG (g planta ⁻¹)	VM (num planta ⁻¹)
PCSA	41,85	0,33	50,49	0,27
PDSA	32,27	0,48	66,08	0,36
CMSA	48,41	0,94	147,04	0,65
PCCA	42,67	0,28	31,27	0,28
PDCA	31,45	0,59	78,01	0,33
CMCA	32,72	0,49	63,55	0,33

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - Cultivo mínimo com amontoa.

Os valores encontrados para massa de tubérculos rachados por planta (PRC), número de tubérculos (VG), massa de tubérculos verdes grandes (PVG) e quantidade de tubérculos verdes médios (VM), não apresentaram diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

No Quadro 24 estão os valores do número de tubérculos verdes pequenos (VP), massa de tubérculos verdes pequenos (PVP), tubérculos comerciais (CM) e

massa de tubérculos comerciais (PCM), obtidos nos diferentes sistemas de plantio, conduzidos na ausência e presença de amontoa.

Quadro 24 – Quantidade de tubérculos verdes pequenos produzidos por planta (VP), massa de tubérculos verdes pequenos produzidos (PVP), número de tubérculos comerciais (CM) e massa de tubérculos comerciais (PCM) obtidos nos diferentes tratamentos

Tratamento ¹	VP (num planta ⁻¹)	PVP (g planta ⁻¹)	CM (num planta ⁻¹)	PCM (g planta ⁻¹)
PCSA	0,16	3,59	7,17	656,27
PDSA	0,28	6,10	7,91	727,11
CMSA	0,37	7,42	7,12	623,64
PCCA	0,21	4,95	7,38	649,80
PDCA	0,26	9,37	7,55	717,48
CMCA	0,23	6,11	7,56	674,27

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - Cultivo mínimo com amontoa

Não foram encontradas diferenças estatísticas pelo teste F entre os resultados dos tratamentos, no que diz respeito às variáveis tubérculos verdes pequenos (VP), massa de tubérculos verdes pequenos (PVP), número de tubérculos comerciais (CM) e massa de tubérculos comerciais por planta (PCM).

No Quadro 25 são apresentados os valores obtidos de número de tubérculos não comerciais (NC), massa total de tubérculos (PTO) e plantas amostradas (PA) nos diferentes sistemas de plantio, conduzidos na ausência e presença de amontoa.

Quadro 25 – Número de tubérculos não comerciais (NC), massa total de tubérculos (PTO) e número de plantas amostradas (PA) obtidos nos diferentes tratamentos

Tratamento ¹	NC (num planta ⁻¹)	PTO (g planta ⁻¹)	PA (num)
PCSA	1,03	749,56	16,12
PDSA	1,32	831,31	15,75
CMSA	2,23	850,79	15,62
PCCA	1,05	727,45	15,93
PDCA	1,35	830,95	15,62
CMCA	1,25	778,34	15,41

¹ PCSA - Plantio convencional sem amontoa, PDSA - Plantio direto sem amontoa, CMSA - Cultivo mínimo sem amontoa, PCCA - Plantio convencional com amontoa, PDCA - Plantio direto com amontoa e CMCA - cultivo mínimo com amontoa.

Os valores encontrados para número de tubérculos não comerciais (NC), massa total de tubérculos (PTO) e número de plantas amostradas (PA) não apresentaram diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

4.5.2. Produção classificada de tubérculos com diferenças significativas nos sistema de plantio

As quantidades de tubérculos miúdos (M1), quantidade de tubérculos (TO) e massa de tubérculos verdes médios (PVM) produzidos sob plantio convencional (PC), plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM) são mostradas no Quadro 26.

O número de tubérculos miúdos produzidos por planta apresentou diferenças estatísticas para os tratamentos estudados. No cultivo mínimo (CM) foram

produzidos em média 1,49 tubérculos da citada categoria por planta contra 1,14 tubérculos planta⁻¹ no plantio convencional (PC) e 1,11 do plantio direto (PD). O cultivo mínimo (CM) com a maior média de produção de tubérculos da categoria difere estatisticamente dos demais tratamentos, sendo que plantio convencional (PC) e plantio direto (PD) apresentaram médias para a referida categoria de tubérculos sem diferenças significativas estatisticamente.

Quadro 26 – Número de tubérculos miúdos (M1), total (TO) e massa de tubérculos verdes médios (PVM) produzidos nos diferentes sistemas de plantio

Tratamento ¹	M1 (num planta ⁻¹)	TO (num planta ⁻¹)	PVM (g planta ⁻¹)
PC	1,14 b	8,32 b	10,96 a
PD	1,11 b	9,07 a	14,14 a
CM	1,49 a	9,27 a	26,74 a

¹ PC – Plantio convencional, PD – Plantio direto e CM – Cultivo mínimo.

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não apresentaram diferenças significativas entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

4.5.3. Produção classificada de tubérculos com diferenças significativas para ausência e presença da amontoa

No Quadro 27, são apresentados os valores obtidos para número e massa de tubérculos verdes médios (PVM) produzidos sem amontoa (SA) e com amontoa

(CA). Os resultados mostraram diferenças significativas para tubérculos verdes médios (PVM) quando produzidos sem amontoa e com amontoa. Os tratamentos que não receberam a amontoa produziram em torno de 61 % a mais de tubérculos verdes médios que aqueles que receberam a amontoa, no entanto tal diferença, se extrapolada para produção ha^{-1} , seria de aproximadamente 388 kg, valor relativamente baixo considerando-se a produção total ha^{-1} de tubérculos comerciais.

Quadro 27 – Tubérculos verdes médios (PVM) produzidos nos tratamentos sem amontoa (SA) e com amontoa (CA)

Tratamento ¹	PVM (g planta ⁻¹)
SA	21,34 a
CA	13,22 b

¹ SA – Sem amontoa e CA – Com amontoa

As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste F.

4.5.4. Produção classificada de tubérculos com diferenças significativas na interação: sistema de plantio x amontoa

No Quadro 28 são apresentados os valores obtidos para massa de tubérculos não comerciais (PNC) em razão da interação entre os tratamentos. Quando se estudou o efeito da amontoa em cada sistema de plantio sobre a massa de tubérculos não-comerciais produzidos por planta, os resultados mostraram que o cultivo mínimo

(CM) foi o mais afetado pela falta da amontoa (Quadro 29). Observa-se, assim, que a amontoa foi necessária no cultivo mínimo (CM), recomendando-se, neste caso, a amontoa, pois ela reduziu a massa de tubérculos não comercializáveis produzidos. Poderia ser dispensada, nas condições em que foi conduzido o plantio convencional (PC) e o plantio direto (PD).

Quadro 28 – Massa de tubérculos não comerciais (PNC) em g planta⁻¹ em razão da interação entre sistemas de plantio e amontoa

	PC ¹ (kg planta ⁻¹)	PD (kg planta ⁻¹)	CM (kg planta ⁻¹)
Sem amontoa (SA)	93,28 Ba	104,20 Ba	227,15 Aa
Com amontoa (CA)	77,64 Aa	113,46 Aa	125,33 Ab

¹ PC – Plantio convencional, PD – Plantio direto e CM – Cultivo mínimo

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si estatisticamente a 5 % de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

No Quadro 29 observa-se a massa de tubérculos não comerciais (NCH) expresso em kg ha⁻¹ em razão da interação entre sistemas de plantio e amontoa.

Quadro 29 – Massa de tubérculos não comerciais (NCH) expresso em kg ha⁻¹, em razão da interação entre sistemas de plantio e amontoa.

	PC ¹ (kg ha ⁻¹)	PD (kg ha ⁻¹)	CM (kg ha ⁻¹)
Sem amontoa (AS)	4009,83 Ba	4313,09 Ba	9379,32 Aa
Com amontoa (CA)	3270,85 Aa	4727,15 Aa	4733,82 Ab

¹ PC – plantio convencional, PD - Plantio direto e CM - Cultivo mínimo.

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si estatisticamente a 5 % de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se com o presente trabalho adaptar uma plantadora convencional de batata para que operasse em solo pouco mobilizado e não mobilizado. Foi conduzido um experimento no delineamento em blocos casualizados, com as parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas ficaram os sistemas de plantio (plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo), enquanto nas subparcelas ficou a prática da amontoa (sem e com amontoa). Avaliou-se o desempenho do maquinário, características do solo e a produção classificada de tubérculos. Por produção classificada de tubérculos entendeu-se a combinação da ausência e presença de defeitos (tubérculos verdes, rachados, embonecados) com as diversas classes (quatro) de tamanho do tubérculo.

Das variáveis relativas à produção classificada, 24 não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos; 3, foram influenciadas pelo sistema de plantio; 1, (massa de tubérculos verdes médios) foi influenciada pela amontoa e 2, (tubérculos não comerciais por hectare), houve efeito da interação sistema de plantio x amontoa. Conclui-se:

- O plantio de batata em solo não revolvido permitiu economia de até 35 L de óleo diesel ha⁻¹ e 9 h ha⁻¹ de economia de tempo, não considerando manobras na área;

- As características do solo: Porcentagem acumulada (Pa), Módulo de finura (MF), Diâmetro médio ponderado (DMP), Densidade do solo (D), Micro e macro porosidade não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos;

- O solo preparado com enxada rotativa para posterior plantio permitiu que as plantas de batata emergissem mais rapidamente do solo;

- A produção de tubérculos comerciais não foi afetada pelos tratamentos e atingiu a média de 28.266 kg ha⁻¹;

- Sem a amontoa o cultivo mínimo (CM) propiciou maior número e massa de tubérculos não comerciais;

- A adaptação da máquina não constitui tarefa difícil e onerosa, sendo possível sua realização em qualquer propriedade que disponha de pequena oficina,

- Não foi possível nas condições em que foi conduzido o experimento trabalhar com a adaptação 3;

- A amontoa, operação considerada imprescindível por alguns autores se mostrou dispensável nas condições em que foi conduzido o experimento e para algumas situações, não tendo a sua presença aumentado a produtividade ou reduzido o número de tubérculos verdes e

- O plantio de batata em solo sem o preparo convencional constitui alternativa viável, sendo possível economizar combustível, diminuir o tempo necessário à implantação da cultura, preservar as características do solo inerentes à sua estabilidade, e produzir, até mais que no plantio convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAMIG – ASSOCIAÇÃO DOS BATATICULTORES DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Órgão Informativo da ABAMIG**. Ano 1, n. 02, março de 1998.

ALLMARAS, R. R., BURWELL, R. E., LARSON, W. E. et al. **Total porosity and random roughness of the interrow zone as influenced by tillage**. Washington-USA: Department of Agriculture, 1966. 22 p.

ANGULO, R. J., ROLOFF, G., SOUZA, M. L. P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Rev. Bras. Ciênc. do Solo**, Campinas-SP, v. 8, p. 7-12, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 7181**: solo-análise granulométrica. Rio de Janeiro: 1982. 16p.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 310 p.

BANZATTO D. A., KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP/FCAV, 1992, 247 p.

BERNACKI, H., HAMAN, J., KANAFOJSKI, C. Z. **Agricultural machines: theory and construction**. Washington, D. C.: Department of Agriculture and the National Science Foundation, 1972. 883p.

BOLLER, W., PREDIGER, A. J., KLASSMANN, V. Sistemas de preparo do solo para a implantação da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 27, 1998, Poços de Caldas: **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 175-177.

BOLLER, W., PREDIGER, A. J. Cultivo mínimo e plantio direto de batata após diferentes condições de cobertura do solo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 29, 2000, Fortaleza: **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000.

BOWEN, J. E., KRATKY, B. A. Compactacion del suelo. **Agric. Am. Kansas City**, v. 34, p 10-14, 1985.

BRAUNACK, M. V., DEXTER, A. R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil Tillage Res.**, Amsterdam, v. 14, p. 259-279, 1989.

BRAUNACK, M. V., McPEE, J. E., MEIRING, P. The effect of initial soil water content and tillage implements. **Soil Tillage Research**, v. 20, n. 3, p. 5-17, 1991.

BREGAGNOLI, M. **Competição de cultivares nacionais e estrangeiras de batata em Muzambinho Sul de Minas Gerais**. Seropédica: UFRRJ, 2000 48 p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000.

CONSORTE, J.E. Implantação da cultura da batata. *In: BRINHOLI, O. **Cultura da batata**. (*Solanum tuberosum sp tuberosum*)*. Botucatu: FCA/UNESP, 1995. v.2. p.284-337.

DAKER, A. **A água na agricultura: irrigação e drenagem**. 3^a ed., Bastos (ed.), 1976, 453 p.

DALLMEYER, A. U., **Avaliação energética e desempenho operacional de equipamentos de preparo do solo**. Botucatu: UNESP, 1994. 156 p. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 1994.

DALLYN, S., L., FRICKE, D. H., The use of minimum tillage plus herbicides in potato production. **Potato Journal**. v. 51, p. 177-184, 1974.

DICKSON, J. W., CAMPBELL, D. J., RITCHIE, R. M. Zero and conventional traffic system for potatoes in Scotland. **Soil Tillage Research**, v. 24. p. 397-419, 1992.

EKEBERG, E., RILEY, H. C. F. **Effects of mouldboard ploughing and direct planting on yield and nutrient uptake of potatoes in Norway**. Nes pa Hedmark, Norway., *Soil & Tillage Research*. 1996. 39, p. 131-142.

EMBRAPA. CNPS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa. Produção de Informação: Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ) Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAIRES, V. M. **Elementos orgânicos de máquinas**. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1979. 332 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Práticas culturais adequadas em bataticultura. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 197, p. 34-41, 1999.

FONTES, P. C. R. Preparo do solo, nutrição mineral e adubação da batateira. **Cadernos didáticos**, n. 3. Viçosa, UFV, 1997, 41 p.

FREIRE, W. J. O efeito do preparo sobre a agregação do solo. **Eng. Agric.** Botucatu-SP, v. 1, p. 25-30, 1972.

FREIRE, W. J., PIEDADE JUNIOR, C. O módulo de finura dos agregados do solo como índice de estabilidade estrutural. **Eng. Agríc.**, Botucatu, v. 3, p. 29-36, 1979.

GASSEN, D., GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Aldeia do sul, Passo Fundo, RS, 1996. 207 p.

GALETI, P. A. **Mecanização agrícola**. Preparo do solo. Campinas: ICEA, 1983. 220 p.

GAMERO, C. A. Desagregação do solo em diferentes métodos de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 18, 1989, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1989.

GAMERO, C. A., BENEZ, S. H. Avaliação da condição do solo após a operação de preparo. In: SILVEIRA, G. M. **Ciclo de estudos sobre mecanização agrícola**. Jundiaí-SP: Fundação Cargill, 1990. v. 4, p. 12-21.

GROHMANN, F., ARRUDA, H. V.. Influência do preparo do solo sobre a estrutura de uma Terra Roxa Legítima. **Bragantia**, Campinas, v. 20, p. 1203-1209, 1961.

HILLEL, D.. **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. 413 p.

LOPES, A.e LA SCALA JÚNIOR, N. Fonte de carbono. **Cultivar Máquinas**, Ano II, num. 14, p. 32-33, 2002.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

KOHNKE, H., BERTRAND, A. R. **Soil conservation**. New York: Mc Graw Hill, 1959. 258 p.

MACHADO, M. C. **Avaliação do desempenho de um microtrator-rotocultivador no preparo de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, Fase Terraço**. Viçosa: UFV, 1998. 69 p. Dissertação. (Mestrado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.

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

MION, R. L. **Desenvolvimento de equipamento para ensaio a campo de ferramentas de rompimento do solo testado em mecanismos de abertura de sulcos de semeadoras**. Botucatu: FCA, 2002. 96 p. Dissertação (Doutorado Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2002.

MIRANDA, N. O. **Alterações físicas nos solos podzólicos vermelho escuro submetidos a diferentes condições de preparo reduzido**. Santa Maria: UFSM, 1986. 64 p.

MOREIRA, R. F. **Desenvolvimento de um cortador/enleirador de feijão e avaliação do efeito da velocidade de operação no seu desempenho.** Viçosa: UFV, 1997. 60 p. Dissertação. (Mestrado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

NOVAK, L. R., MANTOVANI, E. C., MARTYN, P. J., FERNANDES, B. Efeito do tráfego de trator e pressão de contato pneu/solo na compactação de um Latossolo Vermelho Escuro álico, em dois níveis de umidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, v.27, p.1587-95, 1992.

OJENIYI, S. O., DEXTER, A. R. Soil factors affecting the macro-structure produced by tillage. **Trans. ASAE**, St. Joseph, v. 22, p. 339-343, 1979.

OLIVEIRA, A. D. **Arado de discos: desempenho em função do ângulo do apo e das condições de superfície de um solo Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico Fase Terraço.** Viçosa: UFV, 1997. 66 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

OLIVEIRA, C. A. S., VALADÃO, L. T. Manejo da irrigação na cultura da batata. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 197, p. 72-76, 1999.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. O., HERNANZ, J. L. **Técnica de la mecanización agraria.** Madrid: Mundi Prensa, 1989. 641p.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. O. **Las maquinas agrícolas e sua aplicación.** Madri: Mundi Prensa, 1980. 490 p.

PROVENZA, F. **Prontuário do projetista de máquinas.** São Paulo: Pro-Tec, 1970. 322 p.

RUSSEL, E. W. **Soil condition and plant growth.** 10. ed. New York: Longmann, 1983. 845 p.

SALASSIER, B. **Manual de irrigação.** Viçosa, UFV, 1982. 463 p.

SALVADOR, N. **Consumo de energia na operação de subsolagem realizada antes e depois de sistemas de preparo periódico do solo.** Botucatu: UNESP, 1992. 166 p Tese. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 1992.

SALVADOR, N., BENEZ, S. H., BICUDO, S. J. **Preparo periódico do solo: desempenho operacional e mobilização do solo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...Ilhéus:** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p. 1710-1721.

SHIGLEY, J. E. **Elementos de máquinas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. 346 p.

SCHROCK, M. D., KRAMER, J. A., CLARCK, S. Fuel requirements for field operations in Kansas. **Trans. ASAE**, St. Joseph, v. 28, p. 669-674, 1985.

SILVA, J. G. **Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo, desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.).** Botucatu: UNESP, 1992. Tese (Doutorado em Agronomia, Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, 1992.

VAN DOREN, C. F. The effect of cloddiness of soils on the susceptibility to wind erosion. **J. Amer. Soc. Agron.**, v. 36, p. 859-864, 1984.

VEIGA, M., AMADO, T. J. Preparo do solo. In: SANTA CATARINA. Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento. Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água; Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p. 165-187.

VIEIRA, L. B. **Análisis de los factores que influyen en el comportamiento de un motocultor con apero rotativo en el laboreo del suelo.** Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 1992. 221 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 1992.

WÜNSCHE, W. L., DENARDIN, J. E. Conservação e manejo dos solos – **PLANTIO Rio Grandense.** Considerações gerais. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPTrigo. 1980. p 20.

APÉNDICE

APÊNDICE A



Figura 1A – Vista da área onde foi instalado o experimento, mostrando a vegetação existente à época do preparo do solo.



Figura 2A – Remoção da vegetação existente (mucuna preta) na área por meio de roçadora.



Figura 3A – Remoção da vegetação existente na área por meio de ancinho.



Figura 4A – Remoção da vegetação existente na área por meio de lâmina traseira.



Figura 5A – Marcação da área para instalação do experimento, observar vegetação remanescente.



Figura 6A – Preparo do solo com enxada rotativa para plantio convencional (PC).



Figura 7A – Vista geral da área do experimento por ocasião da instalação do experimento.



Figura 8A – Aplicação de inseticida de solo logo após o plantio.



Figura 9A – Parcela sem preparo do solo logo após o plantio. Detalhe da vegetação existente.



Figura 10A – Parcela sem preparo do solo logo após o plantio. Detalhe dos torrões deixados na superfície do solo.



Figura 11A – Parcela sem preparo do solo e com preparo do solo logo após o plantio



Figura 12A – Parcela sem preparo do solo e com preparo do solo logo após o plantio.



Figura 13A – Parcela sem preparo do solo e com preparo do solo logo após o plantio.



Figura 14A – Rachadura existente no solo por ocasião do plantio.

APÊNDICE B



Figura 1B – Vista frontal da plantadora mostrando-a como é originalmente.



Figura 2B – Vista lateral da plantadora.

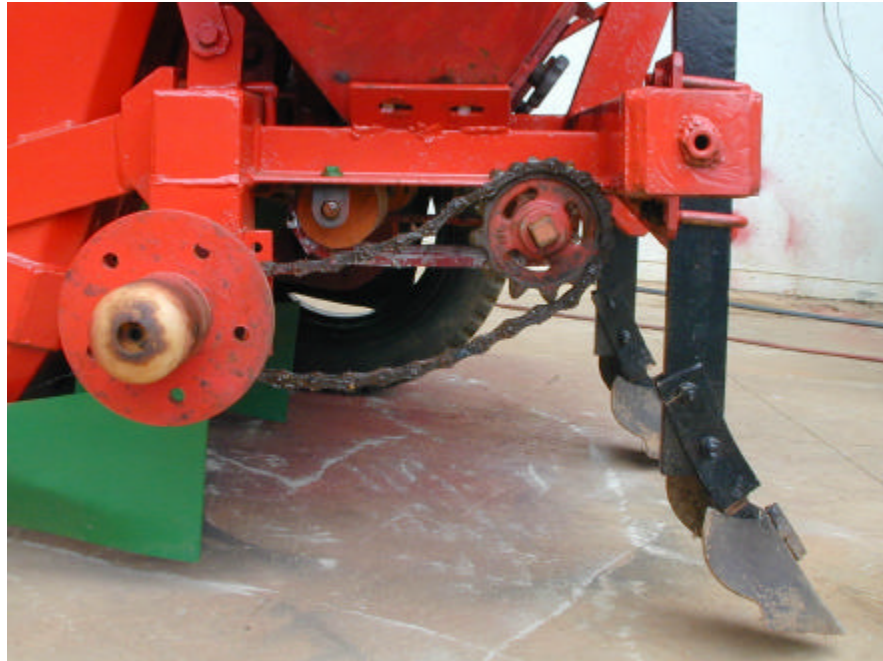


Figura 3B – Vista lateral da plantadora mostrando detalhes do mecanismo de distribuição de adubo.

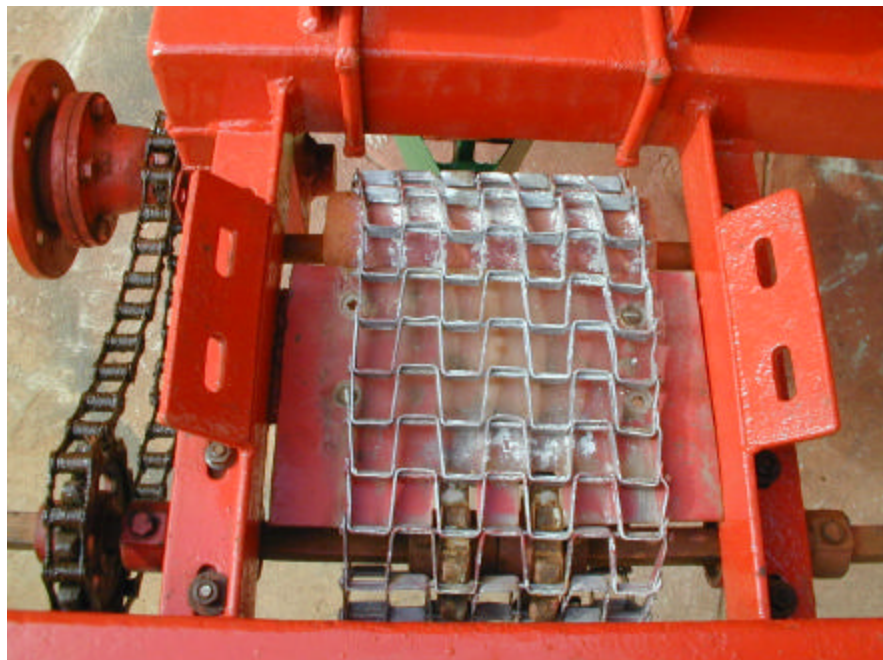


Figura 4B – Vista lateral da plantadora mostrando detalhes do mecanismo de distribuição de adubo.

APÊNDICE C



Figura 1C – Vista lateral da plantadora adaptada com haste escarificadora para plantio em solo não revolvido.

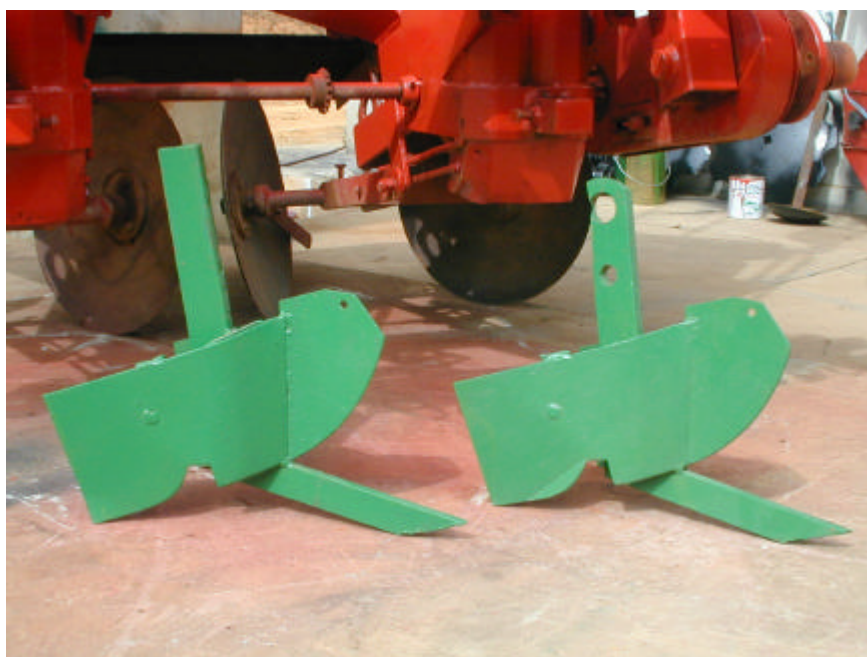


Figura 2C – Vista lateral dos sulcadores com hastes escarificadoras.

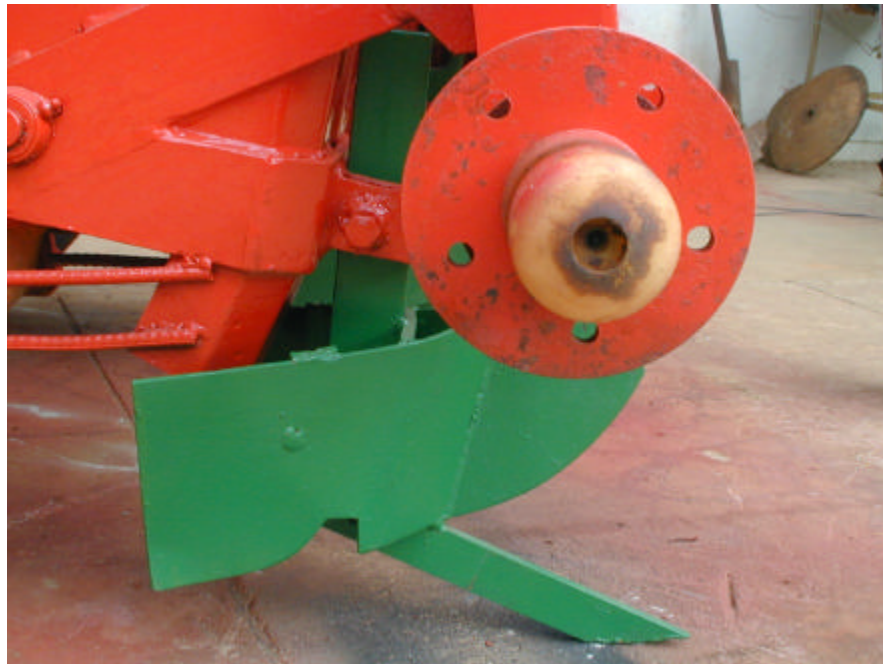


Figura 3C – Vista lateral do sulcador com haste escarificadora.

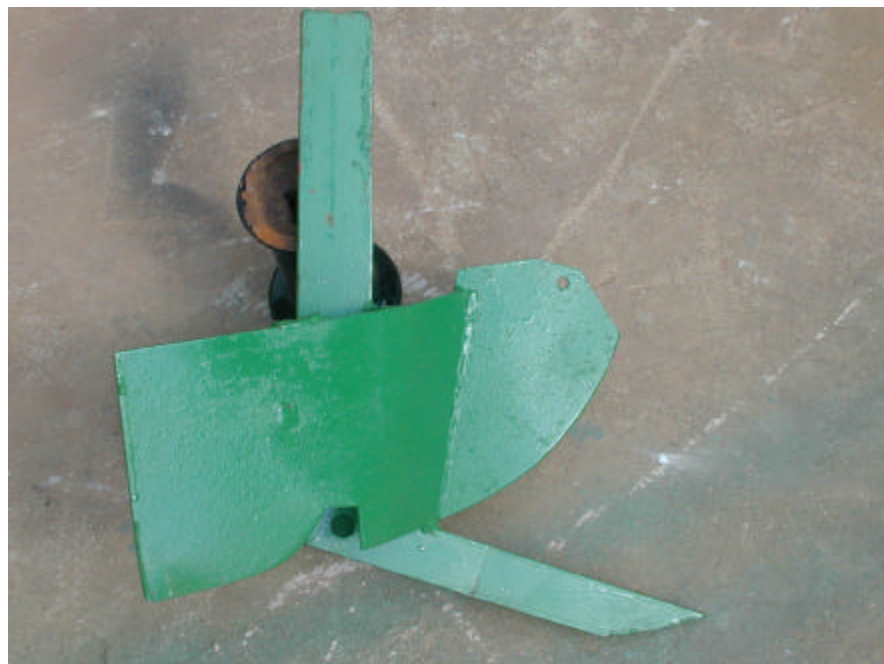


Figura 4C – Sulcador adaptado com haste escarificadora.

APÊNDICE D



Figura 1D – Vista geral da plantadora mostrando detalhes da barra porta-ferramentas.



Figura 2D – Peças que foram adaptadas à plantadora para plantio em solo não-revolvido.



Figura 3D – Vista inferior da plantadora mostrando sulcador do tipo bota, suporte e discos duplos.



Figura 4D – Vista frontal dos discos duplos mostrando a defasagem entre os mesmos.



Figura 5D – Vista inferior da plantadora mostrando suporte do sulcador.



Figura 6D – Vista lateral da plantadora mostrando peças adaptadas para trabalho no solo e mecanismo de distribuição de adubo.

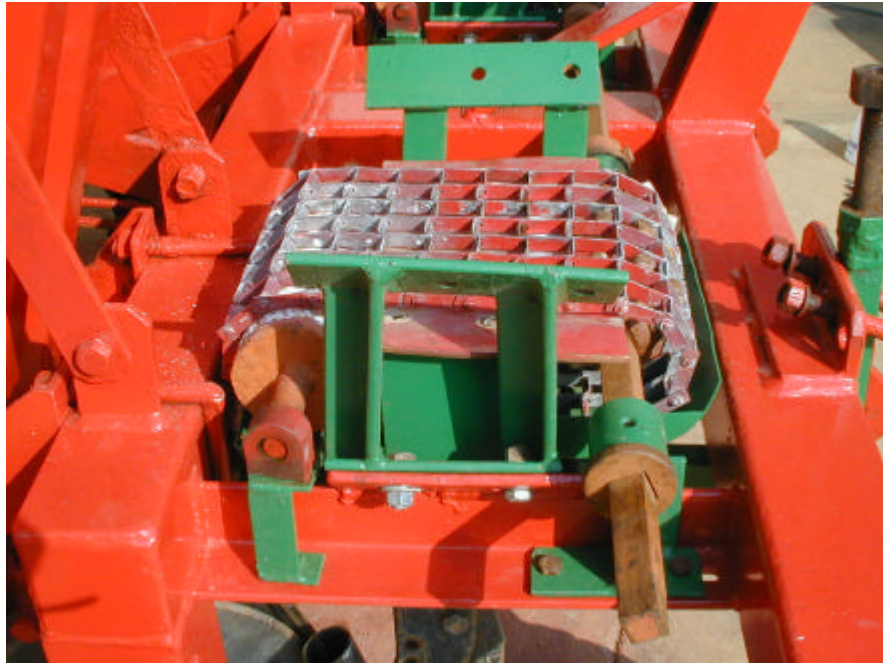


Figura 7D – Vista superior do mecanismo de distribuição de adubo após a elevação do conjunto.



Figura 8D – Vista superior do mecanismo de distribuição de adubo, disco duplo, sulcador e disco cortador.



Figura 9D – Sulcador do tipo bota com suporte de sustentação.



Figura 10D – Mecanismo coletor do adubo para condução até o sulcador.

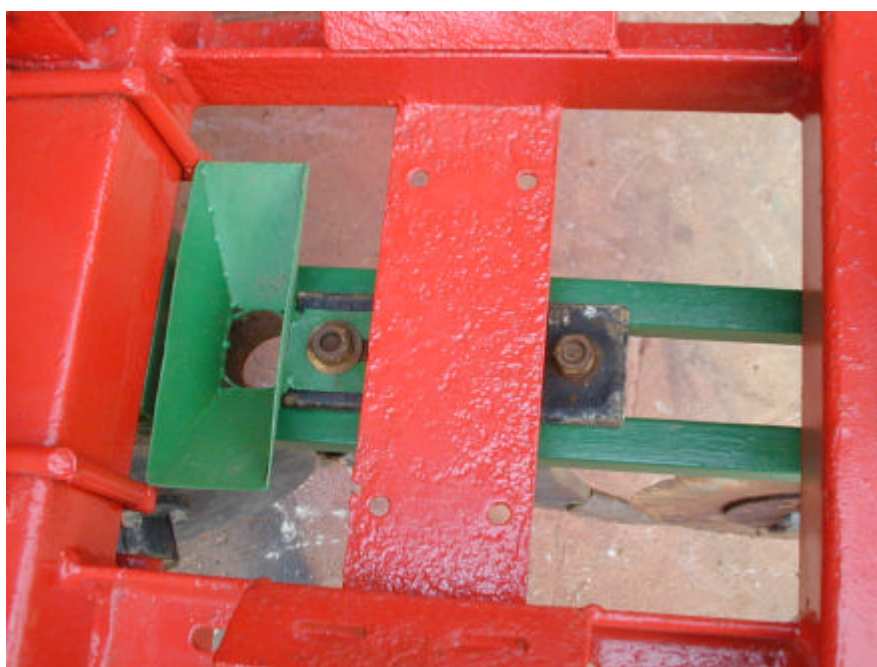


Figura 11D – Vista superior do suporte do sulcador e parte do mecanismo coletor de adubo.



Figura 12D – Vista superior do eixo distribuidor de adubo com peças de elevação.

APÊNDICE E



Figura 1E – Vista geral da plantadora adaptada com discos de grades e sulcador do tipo bota.

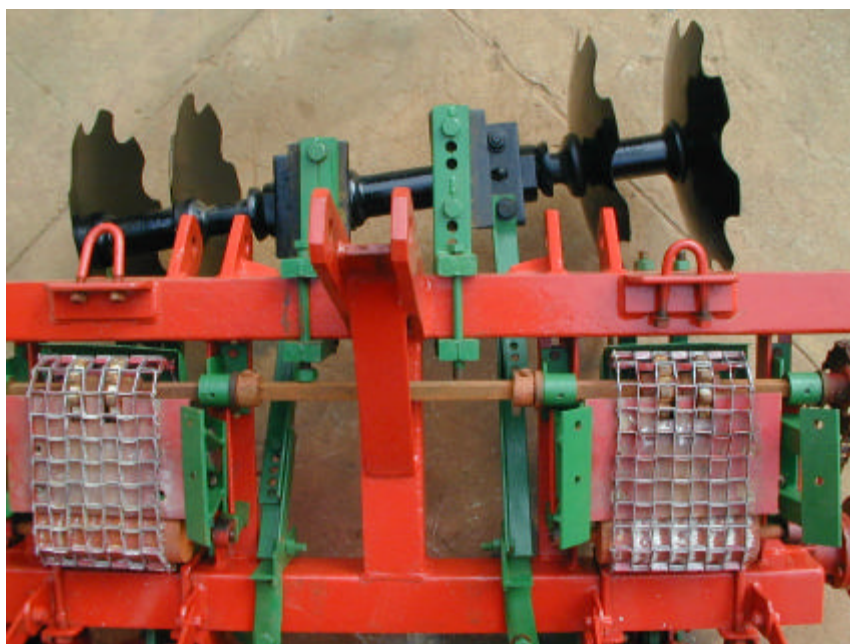


Figura 2E – Vista superior da plantadora adaptada com discos de grades mostrando ângulo do eixo em ralação à barra porta-ferramentas .



Figura 3E – Vista superior da plantadora adaptada com discos de grades mostrando suporte do eixo dos discos com opção de regulagem.



Figura 4E – Vista geral da plantadora adaptada com discos de grades e sulcador do tipo bota.



Figura 5E – Vista frontal da plantadora mostrando suportes de sustentação dos discos de grades



Figura 6E – Vista superior dos suportes dos discos com furos para regulagem dos ângulos

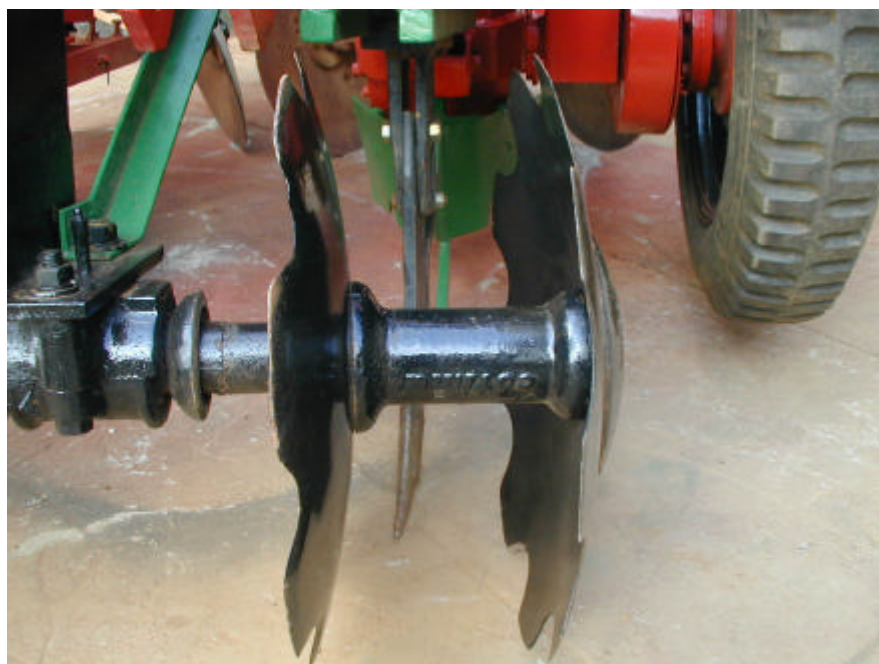


Figura 7E – Vista frontal dos discos de grades à frente do sulcador do tipo bota.



Figura 8E – Vista inferior dos suportes do conjunto de discos

APÊNDICE F

Quadro 1F – Resumo da análise de variância dos dados de tubérculos grandes (TG), massa de tubérculos grandes (PTG) e tubérculos médios (TM)

FV	GL	Quadrado Médio		
		TG (num planta ⁻¹)	PTG (g planta ⁻¹)	TM (num planta ⁻¹)
Total de redução	14	0,3027318	7229,262	0,1441895
Tratamento	2	0,5752247	15663,58	0,1175006E-01
Bloco	3	0,2949908	8289,894	0,6925134E-01
Erro (A)	6	0,3569668	7423,834	0,1299277
Amontoa	1	0,273418E-03	201,8753	0,1216067
Amontoa x Tratamento	2	0,30374222E-01	133,9803	0,4431132
Resíduo	9	0,1741377	2298,300	0,1484651
Média geral	-	3,5712	521,79	2,0401
CV	-	11,685	9,1877	18,887

Quadro 2F – Resumo da análise de variância dos dados massa de tubérculos médios (PTM), tubérculos miúdos (M1) e massa de tubérculos miúdos (PM1)

FV	GL	Quadrado Médio		
		PTM (g planta ⁻¹)	M1 (num planta ⁻¹)	PM1 (g planta ⁻¹)
Total de redução	14	758,0789	0,1200968	65,90998
Tratamento	2	12,0502	0,388198*	115,4082
Bloco	3	520,4716	0,2407247*	157,5133
Erro (A)	6	859,0461	0,2274957E-01	30,62210
Amontoa	1	434,9102	0,1279842E-01	5,802757
Amontoa x Tratamento	2	1579,202	0,4612296E-01	14,92411
Resíduo	9	788,2004	0,8913014E-01	48,08520
Média geral	-	117,83	1,2546	26,730
CV	-	22,826	23,796	25,942

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 3F – Resumo da análise de variância dos dados massa de tubérculos miudinhos (M2), massa de tubérculos miudinhos (PM2) e tubérculos rachados (RC)

FV	GL	Quadrado Médio		
		M2 (num planta ⁻¹)	PM2 (g planta ⁻¹)	RC (num planta ⁻¹)
Total de redução	14	0,1545571E-01	1,739226	0,1531311E-01
Tratamento	2	0,2945132E-01	4,999114	0,1524012E-01
Bloco	3	0,1084344E-01	0,8465765	0,1973330E-01
Erro (A)	6	0,1669378E-01	1,390251	0,1654272E-01
Amontoa	1	0,5182876E-05	0,1342879	0,1277077E-01
Amontoa x Tratamento	2	0,1238959E-01	1,667708	0,6338129E-02
Resíduo	9	0,3300361E-01	5,017686	0,4970118E-02
Média geral	-	0,62763	4,9052	0,21465
CV	-	28,945	45,666	32,844

Quadro 4F – Resumo da análise de variância dos dados massa de tubérculos rachados (PRC), tubérculos verdes grandes (VG) e massa de tubérculos verdes grandes (PVG)

FV	GL	Quadrado Médio		
		PRC (g planta ⁻¹)	VG (num planta ⁻¹)	PVG (g planta ⁻¹)
Total de redução	14	557,1794	0,2485454	5801,195
Tratamento	2	226,1422	0,4505213	11533,19
Bloco	3	550,7098	0,5432063	11998,75
Erro (A)	6	714,1505	0,1190424	2272,566
Amontoa	1	469,5462	0,4549668E-01	3128,671
Amontoa x Tratamento	2	470,8244	0,9461170E-01	269,016
Resíduo	9	222,2989	0,2403989E-01	749,0391
Média geral	-	36,423	0,54464	76,456
CV	-	40,93	28,468	35,797

Quadro 5F – Resumo da análise de variância dos dados de tubérculos verdes médios (VM), massa de tubérculos verdes médios (PVM) e tubérculos verdes pequenos (VP)

FV	GL	Quadrado Médio		
		VM (num planta ⁻¹)	PVM (g planta ⁻¹)	VP (num planta ⁻¹)
Total de redução	14	0,6390560E-01	209,5638	0,4169064E-01
Tratamento	2	0,1206159	557,0652	0,2809332E-01
Bloco	3	0,9626036E-01	195,5447	0,8768062E-01
Erro (A)	6	0,3512629E-01	106,1325	0,3574349E-01
Amontoa	1	0,5731405E-01	395,5505*	0,8401670E-01
Amontoa x Tratamento	2	0,4829687E-01	100,3918	0,2078894E-01
Resíduo	9	0,2343499E-01	57,83186	0,3709947E-01
Média geral	-	0,38336	17,286	0,25629
CV	-	39,933	43,994	75,154

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 6F – Resumo da análise de variância dos dados de tubérculos verdes pequenos(PVP), tubérculos comerciais (CM) e massa de tubérculos comerciais (PCM)

FV	GL	Quadrado Médio		
		PVP* (g planta ⁻¹)	CM (num planta ⁻¹)	PCM (g planta ⁻¹)
Total de redução	14	1,253383	,3941050	8100,505
Tratamento	2	3751735	,4200106	16370,24
Bloco	3	2,786123	,4397718	11691,58
Erro (A)	6	1,137595	,3426639	7306,937
Amontoa	1	0,3534962	,1962842	82,39186
Amontoa x Tratamento	2	0,6297870	,5529331	833,9291
Resíduo	9	1,075655	,3438993	1384,559
Média geral	-	2,2781	7,4935	670,86
CV	-	45,527	7,8258	5,5465

* Variável transformada na $\sqrt{x + 0,5}$

Quadro 7F – Resumo da análise de variância dos dados de tubérculos não comerciais (NC), massa de tubérculos não comerciais (PNC) e número de tubérculos (TO)

FV	GL	Quadrado Médio		
		NC (num planta ⁻¹)	PNC (g planta ⁻¹)	TO (num planta ⁻¹)
Total de redução	14	0,7655933	9405,931	0,9811614
Tratamento	2	1,19033	17774,00	2,017191*
Bloco	3	1,78291	16478,30	2,772693
Erro (A)	6	0,3593671	4217,81	0,1690407
Amontoa	1	0,4321373	7803,927	0,4593810E-01
Amontoa x Tratamento	2	0,5070131	6794,546	0,1618088
Resíduo	9	0,1471499	1455,821	0,5246441
Média geral	-	1,3989	123,52	8,8924
CV	-	27,421	30,891	8,1454

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade,

Quadro 8F – Resumo da análise de variância dos dados de massa de tubérculos (PTO), plantas amostradas (PA) e estande (STD)

FV	GL	Quadrado Médio		
		PTO (g planta ⁻¹)	PA (num)	STD (num ha ⁻¹)
Total de redução	14	16061,03	2,188616	0,1555571E+08
Tratamento	2	19352,57	1,929688	0,13715336E+08
Bloco	3	44844,82	5,842882	0,4152861E+08
Erro (A)	6	6584,414	1,103299	784178
Amontoa	1	6282,602	1,377604	9791399
Amontoa x Tratamento	2	2912,874	,6276042	4460732
Resíduo	9	2880,317	,620697	4411374
Média geral	-	794,38	15,594	41573
CV	-	6,7560	5,0521	5,0521

Quadro 9F – Resumo da análise de variância dos dados de massa de tubérculos comerciais (CMH), massa de tubérculos não comerciais (NCH) e produção total de tubérculos (PTH)

FV	GL	Quadrado Médio**		
		CMH (kg ha ⁻¹)	NCH (kg ha ⁻¹)	PTH (kg ha ⁻¹)
Total de redução	14	1891,048	1451,182	2765,960
Tratamento	2	4267,578	2517,095	2257,443
Bloco	3	2198,714	2576,828	7223,86
Erro (A)	6	1844,076	515,3699	1036,816
Amontoa	1	271,5764	1647,007*	326,176
Amontoa x Tratamento	2	3,669158	1406,322*	1529,957
Resíduo	9	235,9040	298,1425	751,8697
Média geral	-	278,49	50,723	8,3290
CV	-	5,5151	34,041	8,3290

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade,

** Valores x 10²

Quadro 10F – Resumo da análise de variância dos dados de porcentagem acumulada de agregados (Pa), módulo de finura dos agregados (MF) e diâmetro médio ponderado (DMP)

FV	GL	Quadrado Médio		
		Pa	MF (mm)	DMP (num)
Total de redução	14	3268,747	0,3268	24,26
Tratamento	2	2869,580	0,2979	19,69
Bloco	3	4009,87	0,4009	52,04
Erro (A)	6	2790,669	0,2790	13,95
Amontoa	1	3864,01	0,3864	18,84
Amontoa x Tratamento	2	3582,83	0,3582	20,84
Resíduo	9	2027,066	0,2027	9,67
Média geral	-	435,84	4,3584	23,76
CV	-	10,33	10,330	13,08

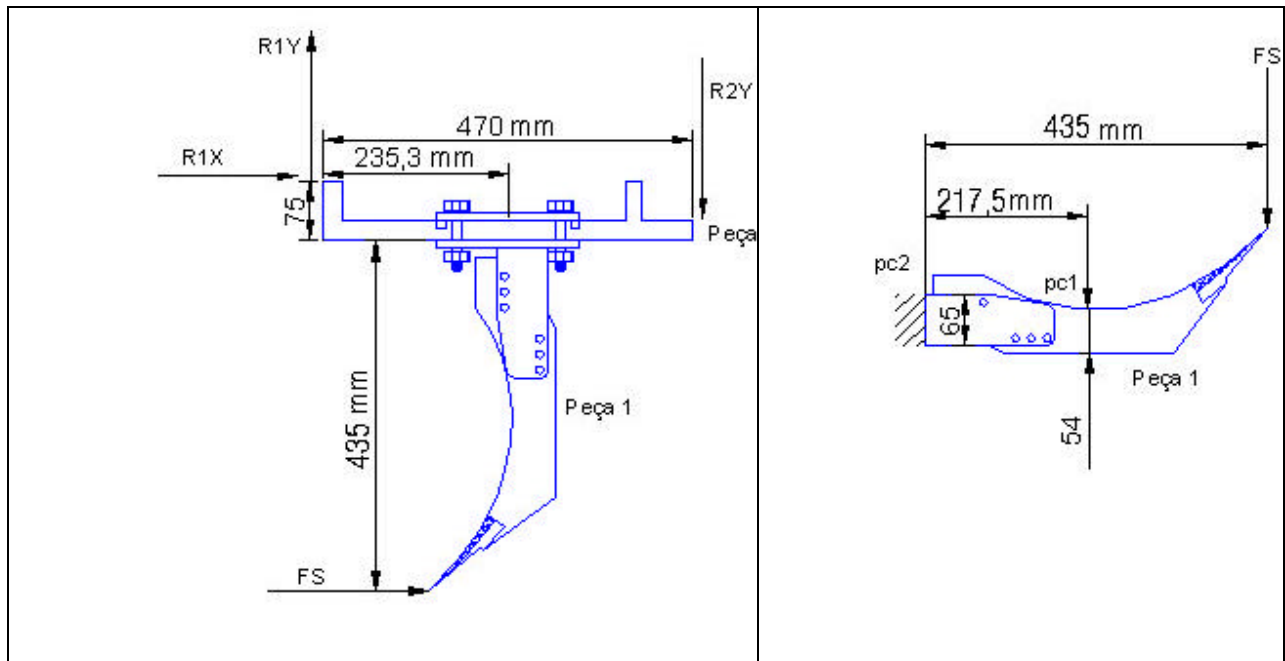
Quadro 11F – Resumo da análise de variância dos dados de densidade do solo (D), porosidade total (PTOT) micro porosidade (MIC)

FV	GL	Quadrado Médio**		
		D (g cm ⁻³)	PTOT (%)	MIC (%)
Total de redução	14	0,4204988E-2	8,07793	21,0173
Tratamento	2	0,5283171E-2	11,5191	2,4866
Bloco	3	0,4099929E-2	1,9598	66,79
Erro (A)	6	0,4744556E-2	11,8489	7,8149
Amontoa	1	0,1552047E-2	2,7948	19,44
Amontoa x Tratamento	2	0,2992162E-2	5,1424	11,2849
Resíduo	9	0,9827794E-2	14,1078	65,87
Média geral	-	0,95954	59,589	35,56
CV	-	10,332	6,3033	22,819

APÊNDICE G

Cálculos e dimensionamentos das peças adaptadas à plantadora

1 DIMENSIONAMENTO DO SULCADOR E SUPORTE



Suporte do sulcador tipo bota – vista lateral

Suporte do sulcador tipo bota

$$F_s = 280 \text{ N/cm} \times 30 \text{ cm}$$

$$F_s = 8400 \text{ N}$$

Tensão de compressão e tração na peça 01

$$M = F_s * d$$

em que:

M = momento polar de inércia (N . m);

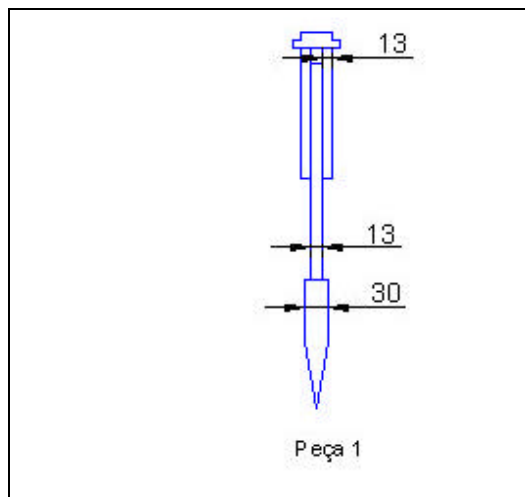
F_s = força de reação do solo (N) e

d = distância da aplicação da força até o ponto crítico (m)

$$M = 8400 \text{ N} \cdot 0,2175 \text{ m}$$

$$M = 1827 \text{ N.m}$$

$$d = 0,027 \text{ m}$$



Haste sulcadora – vista frontal

Cálculo do momento polar de inércia

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

em que:

I = momento polar de inércia (m⁴);

b = largura da seção da peça (m) e

h = altura da seção da peça (m)

Substituindo os valores na equação tem-se:

$$I = \frac{0,0013 \cdot 0,054^3}{12} = 1,70 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\sigma_x^t = \frac{M \cdot d}{I}$$

em que:

σ_x^t = tensão normal de tração em x

M = momento de inércia

d = distância do ponto de aplicação da força até o ponto crítico

$$\sigma_x^t = \frac{1827,0,027}{1,70 \cdot 10^{-7}} = 290 \text{ MPa Força de tração}$$

$$\sigma_x^c = \sigma_x^t$$

em que:

σ_x^c = tensão normal de compressão em x e

σ_x^t = tensão normal de tração em x

Assim tem-se:

$$\sigma_x^c = \sigma_x^t = -290 \text{ MPa Força de compressão}$$

Tensão de compressão e tração na peça 02

$$M = F_s \cdot d$$

$$M = 8400 \cdot 0,435 = 3654 \text{ N.m}$$

$$c = 0,0325 \text{ m}$$

O momento polar de inércia será:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = \frac{0,039 \cdot 0,065^3}{12} = 5,95 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\sigma_2 x^t = \frac{Mc}{I} = s_2 x^t = \frac{3654 \cdot 0,0325}{5,95 \cdot 10^{-7}} = 200 \text{ MPa Força de tração}$$

$$\sigma_2 x^c = \sigma_2 x^t = -200 \text{ MPa Força de compressão}$$

Maior tensão de tração

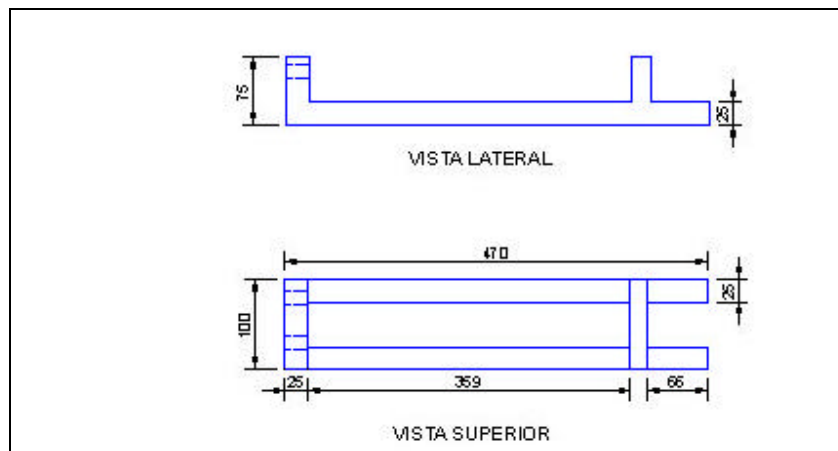
$$x = 290 \text{ MPa}$$

$$v = C_s \cdot \text{adm} =$$

$$x = 3 \cdot 290 = 870 \text{ MPa}$$

O aço G87400 estirado a 538° C v = 888,81 MPa atende com C_s = 3,06.

1.1. Dimensionamento do suporte do sulcador tipo bota



Suporte do sulcador tipo bota – vista lateral e superior

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_1 + F_s = 0$$

$$R_1 = 8400 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{1y} - R_{2y} = 0$$

$$R_{1y} = R_{2y}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$(435 + 75) \cdot 10^{-3} F_s - 470 \cdot 10^{-3} R_{2y} = 0$$

$$0,51 F_s - 0,47 R_{2y} = 0$$

$$0,51 \cdot 8400 - 0,47 R_{2y} = 0$$

$$R_{2y} = 9114,9 \text{ N}$$

$$R_{1y} = 9114,9 \text{ N}$$

$$0 \leq x \leq 0,235$$

$$\sum F_y = 0$$

$$V = R_{1y}$$

$$V = 8936,2 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{1y} = R'_{1y}$$

$$R'_{1y} = 8400 \text{ N}$$

$$\sum Ms_1 = 0$$

$$M - R_{1y} \cdot x + R_{1x} \cdot 0,075 = 0$$

$$M = 9114,9x - 8400 \cdot 0,075$$

$$M = 9114,9x - 630$$

$$p/x = 0$$

$$M = -630 \text{ Nm}$$

$$p/x = 0,235$$

$$M = 1512 \text{ Nm}$$

$$0 \leq x \leq 0,235$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-V + R_{1y}$$

$$V = 9114,9 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R'_{1y} - R_{1x} = 0$$

$$R'_{1x} = 8400 \text{ N}$$

$$\sum Ms_2 = 0$$

$$-M - (0,235 + x)R_{1y} + 0,075R_{1x} + F_s \cdot 0,435 = 0$$

$$M = -0,235 \cdot 9114,9 - 9114,9x + 0,075 \cdot 8400 + 8400 \cdot 0,435$$

$$M = 2142 - 9114,9x$$

$$p/x = 0$$

$$M = 2142 \text{ Nm}$$

$$p/x = 0,235$$

$$M = 0 \text{ Nm}$$

$$M = 2142 \text{ Nm}$$

$$C = 0,0125 \text{ m}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = ((0,1 \cdot 0,025^3)/12) - ((0,05 \cdot 0,025^3)/12) = 6,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

Tensão de tração devido ao momento fletor

$$s_{x'} = \frac{Mc}{I}$$

$$s_{x'} = \frac{2142 \cdot 0,0125}{6,5 \cdot 10^{-8}} = 412 \text{ MPa}$$

Tensão de tração devido a R'_{1x}

$$s_{x'} = \frac{R'_{1x}}{A} = \frac{8400N}{2,0,025^2} = 6,72 \text{ MPa}$$

Tensão de cisalhamento devido à força cortante V,

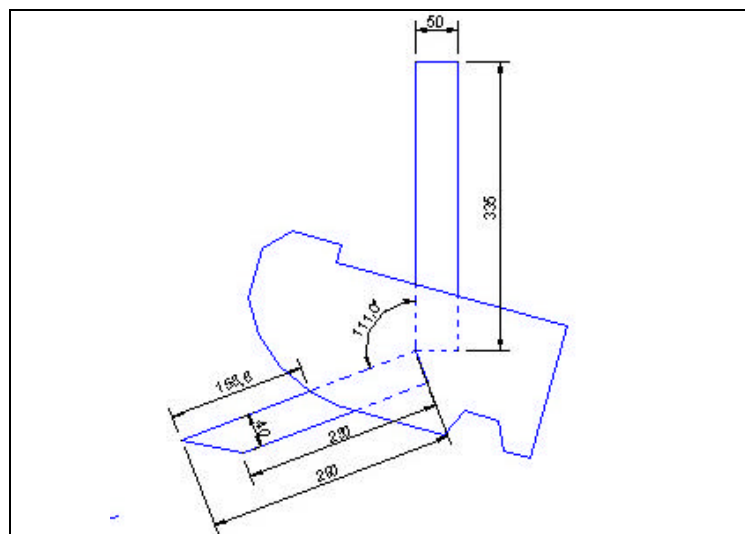
$$s = \frac{V}{A} = \frac{9114,9}{2,0,025^2} = 7,3 \text{ MPa}$$

Tensão de tração máxima

$$\sum Ma = 0$$

$$(435 + 75) \cdot 10^{-3}Fs - 470 \cdot 10^{-3}R_{2y} = 0$$

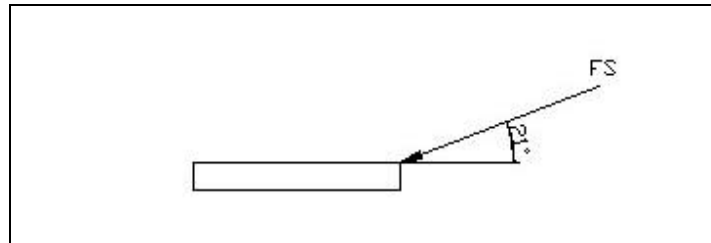
2. DIMENSIONAMENTO DA HASTE ESCARIFICADORA



Haste escarificadora – vista lateral

Resistência do solo franco argiloso para subsolador = 280 N/cm

$$F_s = 280 \text{ N/cm} \cdot 15,86 \text{ cm} = 4440,8 \text{ N}$$



Sentido e ângulo de aplicação da força F_s na haste escarificadora

$$F_{sx} = F_s \cdot \cos 21^\circ$$

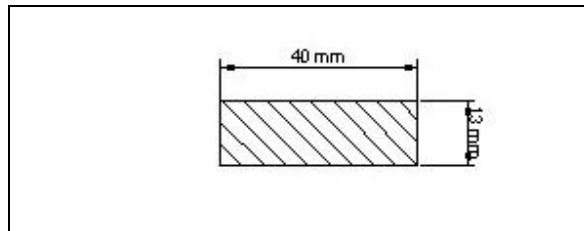
$$F_{sx} = 4440,8 \cdot \cos 21^\circ = 4145,8 \text{ N (componente do eixo x)}$$

$$F_{sy} = F_s \cdot \sin 21^\circ$$

$$F_{sy} = 4440,8 \cdot \sin 21^\circ = 1591,4 \text{ N (componente do eixo y)}$$

Tensão normal devido à força F_{sx}

$$\sigma_{1x} = \frac{F_{sx}}{A}$$



Corte transversal da haste escarificadora

A = área da seção da peça

$$A = 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{1x} = \frac{4145,8 \text{ N}}{A} = 7,97 \text{ MPa}$$

Tensão normal devido à força F_{sy}

$$\sigma_{2x} = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$M = F_{sy} \cdot d$$

$$M = 1591,4 \text{ N} \cdot 0,29\text{m} = 461,4 \text{ Nm}$$

$c = 2 \cdot 10^{-2}\text{m}$ (Distância do centro à fibra superior ou inferior da peça)

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1,3 \cdot 10^{-2} (4 \cdot 10^{-2})^3}{12} = 6,93 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma'_{2x} = \frac{461,5 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{6,93 \cdot 10^{-8}} = 133,2 \text{ MPa} \text{ Tração (fibra superior)}$$

$$\sigma^c_{2x} = \sigma^t_{2x} = 133,2 \text{ MPa} \text{ Compressão (fibra inferior)}$$

Tensão cisalhante devido à Fsy

$$\tau = \frac{F_{sy}}{A} = \frac{1591,4 \text{ N}}{1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 3,06 \text{ MPa}$$

Tensão de tração máxima

$$\sigma'_{x \max} = \sigma^c_{1x} + \sigma^t_{1x} = 7,97 + 133,2 = 125,23 \text{ MPa}$$

Tensão de compressão máxima

$$\sigma^c_{x \max} = \sigma^c_{1x} + \sigma^t_{1x} = 7,97 + 133,2 = 141,17 \text{ MPa}$$

Tensão de cisalhamento máxima (ciclo de Mohr)

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2} = \sqrt{\left(\frac{141,17}{2}\right)^2 + 3,06^2} = 70,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = CS \cdot \sigma_{ADM}$$

σ_u = Tensão última do aço (tensão de escoamento);

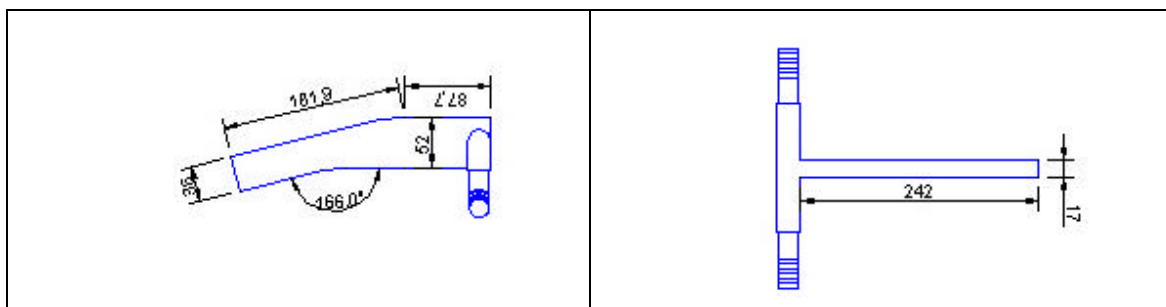
CS = Coeficiente de segurança adotado como 3 e

σ_{ADM} = Tensão admissível – usada a tensão de tração, pois o aço resiste menos à tração de que à compressão.

$$\sigma_u = 3 \cdot 125,38 = 376,14 \text{ MPa}$$

Aço G10350 estirado a 649,6° $\sigma_u = 427,18 \text{ MPa}$, atende com o CS = $427,18/125,38 = 3,4$ de CS.

3. DIMENSIONAMENTO DO SUPORTE DO DISCO DUPLO



Suporte do disco duplo – vista lateral

Suporte do disco duplo – vista frontal

Para F_s (força de tração), multiplicou-se por 3 a força encontrada por Mion (2002) que era de 188,8 N, para disco duplo de semeadoras-adubadoras em discos de 381 mm e ângulo de $10,5^\circ$ entre discos. Assim a força de tração utilizada foi:

$$F_s = 188,8 \cdot 3 = 566,4 \text{ N}$$

Calculando-se:

a) Tensão de compressão e tração, em que:

$$M = F_s \cdot d = 566,4 \text{ N} \cdot 0,22 \text{ m} = 124,6 \text{ N.m}$$

b) Momento polar de inércia

tomando as dimensões da peça no ponto crítico como sendo 17 mm e 35 mm

$$I = (b \cdot h^3)/12 = 6,07 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

c) Tensão de tração

tomando c como sendo metade da distância do ponto crítico da peça $c = 17,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$\sigma_{2x} = \frac{M \cdot c}{I} = 35,9 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2} \text{ **TRAÇÃO**}$$

$$\sigma_{1x} = \sigma_{1xc} = -35,9 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2} \text{ **COMPRESSÃO**}$$

d) Tensão de cisalhamento no ponto crítico da peça, calculado pela expressão:

$$= F_s/A$$

$$A = \text{área da peça} = 17 \text{ mm} \cdot 35 \text{ mm} = 5,95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$= 566,4/(5,95 \cdot 10^{-4}) = 0,95 \cdot 10^6 \text{ N.m}^2 \text{ **CISALHAMENTO**}$$

Sabendo-se que $1 \text{ N m}^{-2} = 1 \text{ Pa}$, tem-se:

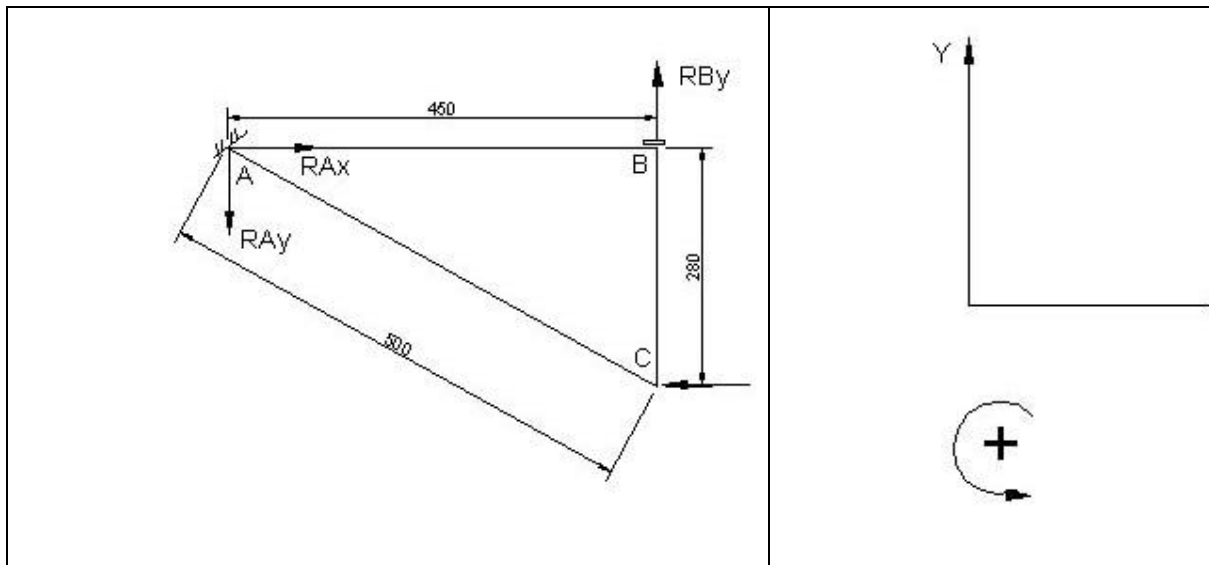
$$\text{Maior tensão é a de tração} = 35,9 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2} = 35,9 \text{ MPa}$$

Para trabalhar com um coeficiente de segurança de 3, tem-se:

$$\sigma_u = C_s \cdot \sigma_{ADM} = 35,9 \cdot 3 = 107,7 \text{ Mpa}$$

O aço G10100 LQ que possui $\sigma_u = 461,63 \text{ MPa}$ atende a necessidade com um C_s de 4,98.

3. DIMENSIONAMENTO DO SUPORTE DO CONJUNTO DE DISCOS



Suporte do conjunto de discos

Sentido convencional de referência

$$F_s = 900 \text{ N}$$

$$M_A = 0$$

$$-0,28 \cdot F_s + 0,45 \cdot R_{By} = 0$$

$$R_{By} = (0,28 \cdot 900) / 0,45$$

$$R_{By} = 560 \text{ N}$$

$$F_x = 0$$

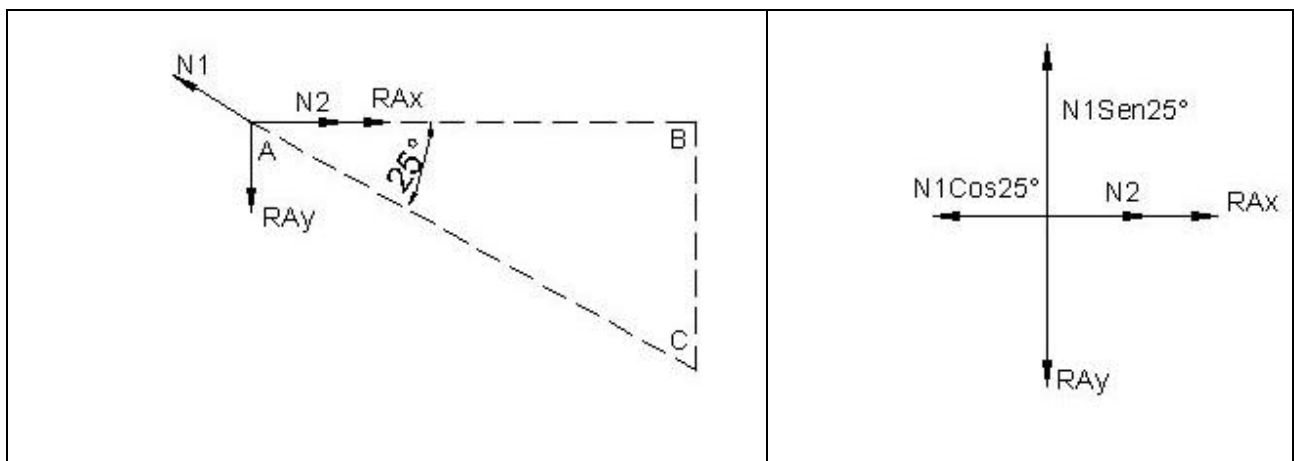
$$R_{Ax} = F_s$$

$$R_{Ax} = 900 \text{ N}$$

$$F_y = 0$$

$$R_{Ay} = R_{By}$$

$$R_{Ay} = 560 \text{ N}$$



Suporte de sustentação dos discos

Forças atuantes – tensões em A

$$F_y = 0$$

$$N_1 \sin 25^\circ - R_{Ay} = 0$$

$$N_1 = R_{Ay} / \sin 25^\circ = 560 / \sin 25^\circ$$

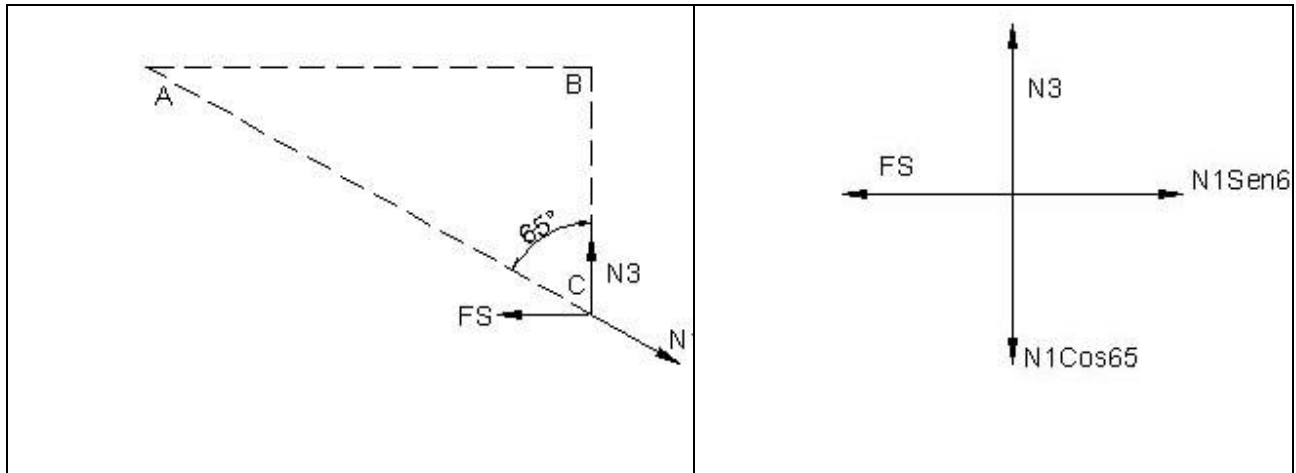
$$N_1 = 1325 \text{ N}$$

$$F_x = 0$$

$$+N_2 - N_1 \cos 25^\circ + R_{Ax} = 0$$

$$+N_2 - 1325 \cos 25^\circ - 900 = 0$$

$$N_2 = 300 \text{ N}$$



Suporte de sustentação dos discos

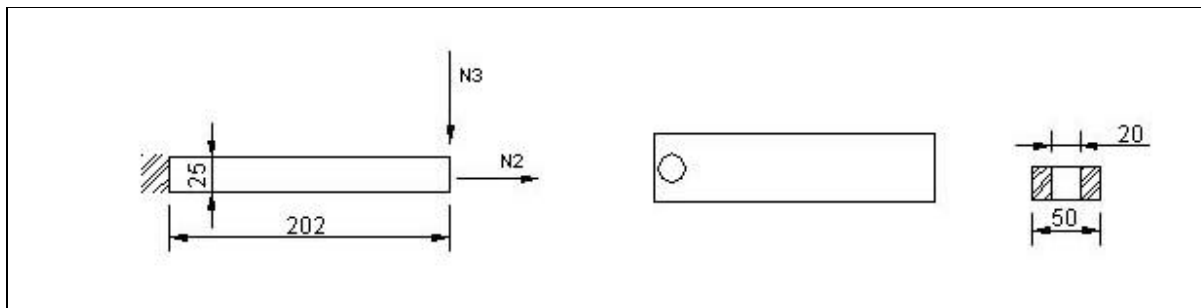
Forças atuantes – tensões em C

$$F_y = 0$$

$$N_3 = N_1 \cos 65^\circ$$

$$N_3 = 1325 \cdot \cos 65^\circ$$

$$N_3 = 560 \text{ N}$$



Dimensões da peça do suporte de sustentação dos discos – vistas lateral, superior e frontal

Área do ponto crítico (junto ao furo da peça)

$$A = (50 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3}) - (20 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3})$$

$$A = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Tensão normal devido a força N2 (tração)

$${}_{1xt} = N_2 / A = 300 / 7,5 \cdot 10^{-4}$$

$${}_{1xt} = 0,4 \text{ MPa}$$

Tensão normal devido à força N3 (tração e compressão)

$${}_{2xt} = (M \cdot c) / I$$

$$M = N3 \cdot d = 560 \cdot 0,202$$

$$M = 113,12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$c = 12,5 \cdot 10^{-3}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = 50 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^3 / 12$$

$$I = 6,51 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{2x}^t = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_{2x}^t = (113,12 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}) / 6,51 \cdot 10^{-8} = 21,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{2x}^c = -\sigma_{2x}^t = -21,7 \text{ MPa (sinal negativo indica compressão)}$$

Tensão de cisalhamento devido a N3

$$= N3/A = 560 / 7,5 \cdot 10^{-4} = 0,75 \text{ MPa}$$

Tensão de tração máxima na linha superior da peça

$$\sigma_{x\text{max}}^t = \sigma_{1x}^t + \sigma_{2x}^t$$

$$\sigma_{x\text{max}}^t = 0,4 + 21,7 = 22,1 \text{ MPa}$$

Tensão de compressão máxima na linha inferior da peça

$$\sigma_{x\text{max}}^c = \sigma_{1x}^t + \sigma_{2x}^c$$

$$\sigma_{x\text{max}}^c = 0,4 - 21,7 = -21,3 \text{ MPa}$$

Tensão de cisalhamento máxima

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2} = \sqrt{\left(\frac{22,1 - 0}{2}\right)^2 + 0,75^2} = 11,07 \text{ MPa}$$

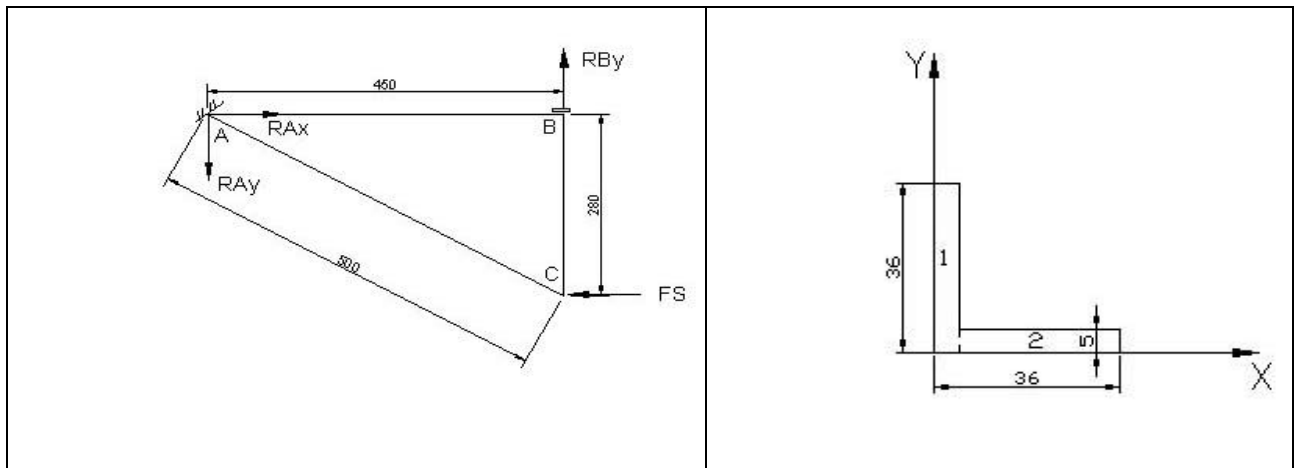
Maior tensão de tração

$$\sigma_{x\text{max}}^t = 22,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = Cs \cdot \sigma_{\text{adm}} = 3 \cdot 33,1 = 66,3 \text{ MPa}$$

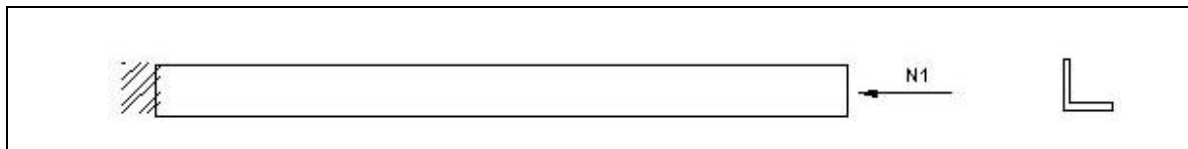
O aço G10100 LQ atende com um Cs = 8

4. DIMENSIONAMENTO DA CONTONEIRA INFERIOR DE SUSTENTAÇÃO DO SUPORTE



AC Cantoneira de sustentação - vista lateral

Cantoneira - vista frontal



Peça CA – vista lateral e frente; N1 sentido da força aplicada

A peça CA apesar de estar sujeita à força F_s que a comprime, está mais sujeita à flambagem devido suas dimensões (0,5 m), assim dimensionou-a considerando a flambagem e aplicando a teoria de dimensionamento de treliças em construções civis.

Área da seção da peça

$$A = 36 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} + 36 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 3,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Momento polar de inércia da cantoneira, calculado por:

$$\bar{I}_1 = \frac{bh^3}{12} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot (36 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 1,94 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \text{ Momento de inércia no eixo baricêntrico da peça}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{bh^3}{12} = \frac{31 \cdot 10^{-3} \cdot (5 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 3,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4 \text{ Momento de inércia no eixo baricêntrico da peça}$$

$$I_1 = \bar{I}_1 + A_1 \cdot d_1^2 = 1,94 \cdot 10^{-8} + 36 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2 = 2,05 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$I_2 = \bar{I}_2 + A_2 \cdot d_2^2 = 3,23 \cdot 10^{-10} + 31 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (20,5 \cdot 10^{-3})^2$$

$$I_2 = 6,55 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

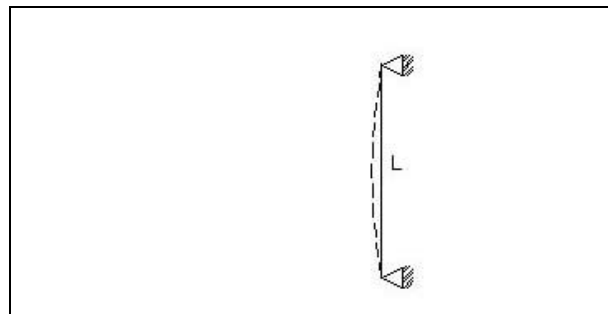
$$I = I_1 + I_2 = 2,05 \cdot 10^{-8} + 6,55 \cdot 10^{-8} = 8,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$I = 8,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$ momento polar de inércia da cantoneira

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8,6 \cdot 10^{-8}}{3,45 \cdot 10^{-4}}}$$

$i = 0,0158$ m raio de giração mínimo

Dimensionamento do suporte considerando a peça engastada nas duas extremidades e usando a teoria de dimensionamento de vigas de aço



Cantoneira de sustentação com pontos de engastamento

Considerando $l = 0,5$ m

$L_{tl} = l$

$L_{tl} = 0,5$ m

$$\frac{\lambda l}{i_{\min}} = \frac{0,5}{0,0158} = 31,65 \text{ (índice de esbeltez)}$$

$$\sigma_{tl} = 1200 - 0,023 * \sigma^2 = 1176,96 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{tl} = \frac{1176,96 \text{ kgf} / \text{cm}^2}{10^{-4} \text{ m}^2} = 118,56 * 10^6 \text{ pa}$$

$$\sigma^c = \frac{Nl}{A} = \frac{1325}{3,45 * 10^{-6}} = 3,84 \text{ MPa}$$

$\sigma^c < \sigma_{tl}$ Suficiente para resistir aos esforços