

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE COLHEDORAS DE
BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

JAIME ALBERTI GOMES

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE COLHEDORAS DE
BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

Dissertação de Mestrado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Agrícola, na área de
concentração Máquinas Agrícolas.

JAIME ALBERTI GOMES

ORIENTADOR: ANTONIO JOSÉ DA SILVA MACIEL

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2002

Aos meus pais, Jaime e Josete
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, pela oportunidade.

Ao professor Dr. Antonio José da Silva Maciel, pela orientação, pelas valiosas contribuições e incentivo para realização do trabalho.

À equipe da Comissão de Pós Graduação, Ana, Marta, Rosângela e Raquel pelo apoio e amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Fundação de Apoio ao Ensino e a Pesquisa, pelo apoio financeiro.

Ao Centro de Mecanização e Automação Agrícola (CMAA) do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pelo apoio na realização do trabalho.

A Pepsico do Brasil LTDA - Elma Chips, pela viabilização do transporte das colhedoras e realização do trabalho.

A empresa Super Frio, pelo apoio na realização do trabalho e ao agricultor Fernando Milan Sartori, pela disponibilidade da área.

Ao Pesquisador Científico e amigo Afonso Pêche Filho, pela valiosa contribuição na realização e desenvolvimento do trabalho e também à sua família pela amizade.

Ao Engenheiro Agrônomo Márcio Fernandes Maranhão e a todos os funcionários da empresa Elma Chips envolvidos no trabalho.

A equipe de apoio do CMAA, Antonio da Silva, Euvaldenir José Carareto, José Raimundo Rodrigues, Sônia Elisabete Pereira e demais funcionários.

Ao professor e amigo Pedro Henrique Weirich Neto pelas contribuições, ensinamentos e incentivo.

À toda a equipe do Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama), Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

Aos colegas Sérgio Rodrigues dos Santos, Emerson Fey e Marcos Roberto da Silva, pelo incentivo e apoio.

Aos colegas Angélica Giarola Picini e Marcio de Morisson Valeriano, pelas valiosas sugestões.

As irmãs Jussara, Janice e Juliana e aos cunhados José Erasto e Arivan, em especial aos sobrinhos João Vítor e Emanuel, pelo incentivo, paciência e compreensão.

À noiva Mônica e sua família pelo apoio. Aos tios Vera e Antônio.

E a todos aqueles, que de algum modo, contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

PÁGINA DE ROSTO.....	i
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Características das etapas operacionais da produção de batatas e sua importância na colheita mecanizada.....	3
2.2 Características do processo mecanizado de colheita de batata.....	12
2.3 Uso de mapeamento e estudo de variabilidade no sistema de produção agrícola	15
2.4 Avaliação de desempenho operacional de máquinas agrícolas	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Área de estudo	21
3.2 Máquinas e implementos agrícolas.....	21
3.3 Coleta de dados.....	25
3.4 Levantamento de indicadores de desempenho no processo operacional da produção de batata.....	26
3.4.1 Avaliação da resistência do solo à penetração.....	26
3.4.2 Avaliação da qualidade da leira de batatas	27
3.4.3 Avaliação da presença de mato	28
3.4.4 Determinação da altura de leira	29

3.4.5 Avaliação do rendimento de tubérculos	29
3.4.6 Avaliação da presença de torrões	30
3.5 Avaliação de perdas de tubérculos	30
3.6 Avaliação da capacidade operacional.....	30
3.7 Delineamento Experimental	32
3.8 Método proposto para a avaliação das colhedoras pelos agricultores	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Considerações iniciais	35
4.2 Considerações sobre o desempenho da colhedora Kverneland UN 2200	36
4.2.1 Características da lavoura – área 1	36
4.2.2 Análise de perdas de tubérculos	38
4.2.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais.....	38
4.2.2.2 Estudo da variabilidade de perdas	39
4.2.3 Análise do rendimento operacional	41
4.3 Considerações sobre o desempenho da colhedora Grimme SE 75-20	42
4.3.1 Características da lavoura – área 2	42
4.3.2 Análise de perdas de tubérculos	44
4.3.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais.....	44
4.3.2.2 Estudo da variabilidade de perdas	51
4.3.3 Análise do rendimento operacional	47
4.4 Considerações sobre o desempenho da colhedora Lockwood 4620.....	48
4.4.1 Características da lavoura – área 3	48
4.4.2 Análise de perdas de tubérculos	50
4.4.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais.....	50
4.4.2.2 Estudo da variabilidade de perdas	51
4.4.3 Análise do rendimento operacional	53
4.5 Considerações sobre o desempenho da colhedora AVR	54
4.5.1 Características da lavoura – área 4	54
4.5.2 Análise de perdas de tubérculos	56
4.5.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais.....	56
4.5.2.2 Estudo da variabilidade de perdas	57
4.5.3 Análise do rendimento operacional	59
4.6 Considerações sobre o desempenho da colhedora Grimme DL 1500	60
4.6.1 Características da lavoura – área 5	60
4.6.2 Análise de perdas de tubérculos	62
4.6.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais.....	62
4.6.2.2 Estudo da variabilidade de perdas	63
4.6.3 Análise do rendimento operacional	65
4.7 Avaliação do desempenho operacional na ótica de bataticultores	66
4.7.1 Considerações sobre facilidade de Transporte / Locomoção	66
4.7.2 Considerações sobre Facilidade de Acoplamento	68
4.7.3 Considerações sobre manobrabilidade	69
4.7.4 Considerações sobre Facilidade de Operação	71
4.7.5 Considerações sobre Exigência de Tração	72
4.7.6 Considerações sobre Deslocamento	73
4.7.7 Considerações sobre Facilidade de Regulagem.....	75

4.7.8 Considerações sobre Paradas.....	76
4.7.9 Considerações Risco de Acidente.....	78
4.7.10 Considerações sobre Praticidade de Manutenção.....	79
4.7.11 Considerações sobre Desgaste de Peças.....	80
4.7.12 Robustez da Máquina	81
4.7.13 Considerações sobre Perdas no Campo.....	83
4.7.14 Considerações sobre Eliminação de Torrão	84
4.7.15 Considerações sobre Danos Físicos nas Batatas.....	86
4.7.16 Considerações sobre Expectativa de Sucesso Operacional	87
5 CONCLUSÃO.....	89
6 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	91
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Colhedora Kverneland UN 2200.....	22
Figura 2 - Colhedora Grimme SE 75-20.....	23
Figura 3 - Colhedora Lockwood 4620.....	24
Figura 4 - Colhedora AVR.....	24
Figura 5 - Colhedora Grimme DL 1500.....	25
Figura 6 - Disposição proposta dos pontos, para a coleta de dados nas referidas áreas.....	26
Figura 7 - Qualidade das leiras e suas respectivas notas.....	28
Figura 8 - Quantidade de mato e suas respectivas notas.....	29
Figura 9 - Croqui que representa a maneira de determinação da altura da leira.	29
Figura 10 - Planilha para julgamento do desempenho operacional das colhedoras em estudo pelos bataticultores.	34
Figura 11 - Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos para a colhedora Kverneland UN 2200.	39
Figura 12 - Semivariograma dos resultados de perdas.	40
Figura 13 - Carta de espacialização de perdas com células quadradas.	41
Figura 14 - Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.	41
Figura 15 - Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.....	45
Figura 16 - Semivariograma dos resultados de perdas.	46
Figura 17 - Carta de espacialização de perdas com células quadradas.	47
Figura 18 - Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.	47
Figura 19 - Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.....	51
Figura 20 - Semivariograma dos resultados de perdas.....	52
Figura 21 - Carta de espacialização de perdas com células quadradas.	53
Figura 22 - Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.	53
Figura 23 - Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.....	57
Figura 24 - Semivariograma dos resultados de perdas.	57
Figura 25 - Carta de espacialização de perdas com células quadradas.	58
Figura 26 - Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.	59
Figura 27 - Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.....	63
Figura 28 - Semivariograma dos resultados de perdas.	63
Figura 29 - Carta de espacialização de perdas com células quadradas.	64
Figura 30 - Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.	65
Figura 31 - Comparação entre as colhedoras para o item Facilidade de Transporte / Locomoção.	67
Figura 32 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Transporte/Locomoção.	68

Figura 33 - Comparação entre as colhedoras para o item facilidade de acoplamento.....	68
Figura 34 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Acoplamento.	69
Figura 35 - Comparação entre as colhedoras para o item Manobrabilidade.	70
Figura 36 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Manobrabilidade.	70
Figura 37 - Comparação entre as colhedoras para o item Facilidade de Operação.....	71
Figura 38 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Operação.	72
Figura 39 - Comparação entre as colhedoras para o item Exigência de Tração.....	72
Figura 40 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Exigência de Tração.	73
Figura 41 - Comparação entre as colhedoras para o item Deslocamento.....	74
Figura 42 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Deslocamento.	74
Figura 43 - Comparação entre as colhedoras para o item Facilidade de Regulagem.....	75
Figura 44 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Regulagem.....	76
Figura 45 - Comparação entre as colhedoras para o item Paradas.	77
Figura 46 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Paradas.	77
Figura 47 - Comparação entre as colhedoras para o item Risco de Acidente.	78
Figura 48 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Risco de Acidente.....	79
Figura 49 - Comparação entre as colhedoras para o item Praticidade de Manutenção.....	79
Figura 50 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Praticidade de Manutenção.....	80
Figura 51 - Comparação entre as colhedoras para o item Desgaste de Peças.	81
Figura 52 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Desgaste de Peças.....	81
Figura 53 - Comparação entre as colhedoras para o item Robustez da Máquina.....	82
Figura 54 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Robustez da Máquina.	82
Figura 55 - Comparação entre as colhedoras para o item Perdas no Campo.	83
Figura 56 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Perdas no Campo.	84
Figura 57 - Comparação entre as colhedoras para o item Eliminação de Torrão.....	85
Figura 58 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Eliminação de Torrão.	85
Figura 59 - Comparação entre as colhedoras para o item Danos Físicos nas Batatas.....	86
Figura 60 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Danos Físicos nas Batatas.....	87
Figura 61 - Comparação entre as colhedoras para o item Expectativa de Sucesso Operacional.....	87
Figura 62 - Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Expectativa de Sucesso Operacional	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação das colhedoras, tratores e suas características, utilizados para desenvolvimento do trabalho.....	21
Tabela 2 – Critério adotado para atribuição de notas em julgamento de qualidade de leira.	27
Tabela 3 – Critério adotado para atribuição de notas em julgamento de quantidade de mato.	28
Tabela 4 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva de cada colhedora.	31
Tabela 5 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 1.....	36
Tabela 6 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Kverneland UN 2200.....	39
Tabela 7 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.	40
Tabela 8 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Kverneland.	42
Tabela 9 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 2.	43
Tabela 10 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Grimme SE 75-20.....	45
Tabela 11 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.	46
Tabela 12 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Grimme SE 75-20.	48
Tabela 13 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 3.....	49
Tabela 14 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Lockwood 4620.	51
Tabela 15 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.	52
Tabela 16 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Lockwood 4620.....	54
Tabela 17 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 4.....	55
Tabela 18 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora AVR.....	56
Tabela 19 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.	58
Tabela 20 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora AVR.	59
Tabela 21 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 5.....	60

Tabela 22 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Grimme DL 1500.....	62
Tabela 23 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.	64
Tabela 24 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Grimme DL 1500.	65

RESUMO

Dentre os processos que compõem o sistema de produção da batata (*Solanum tuberosum* L.), a colheita apresenta-se como etapa fundamental, sendo uma das operações mais complexas e onerosas. A viabilização da mecanização da colheita, vem apresentando destaque nos últimos anos, principalmente nas grandes regiões produtoras do país. Com o intuito de estudar a colheita mecânica da batata, desenvolveu-se um trabalho no município de Vargem Grande do Sul, estado de São Paulo, onde verificou-se o desempenho operacional de cinco colhedoras, Kverneland UN 2200, Grimme SE 75-20, Grimme DL 1500, Lockwood 4620 e AVR. Para cada máquina, destinou-se uma área onde se realizou o levantamento de fatores que podem influenciar no processo, como resistência do solo à penetração, altura de leira, qualidade da leira, quantidade de mato, produção de tubérculos, quantidade de torrão e análise de perdas de tubérculos, sendo que em cada área foram amostrados 75 pontos em forma de malha retangular, dispostos em 5 linhas e 15 colunas com pontos eqüidistantes. Os dados foram processados com base no estudo de variabilidade, utilizando os métodos da estatística descritiva. Para geração de cartas de espacialização, utilizou-se recursos de geoestatística e de Sistema de Informação Geográfica. Para a avaliação subjetiva das máquinas na ótica de Produtores, montou-se uma planilha com 16 itens considerados importantes para o sucesso do processo. Dessa forma, 32 agricultores avaliaram o desempenho das máquinas no campo, atribuindo para cada item notas que variam de 1 a 5. A análise dos resultados referentes a caracterização das áreas antes da operação das máquinas, mostram que as mesmas trabalharam em lavouras semelhantes no que se refere a variabilidade dos indicadores estudados. A colhedora Kverneland UN 2200 apresentou uma Eficiência de Campo de 73,18%, com uma Capacidade Efetiva de Trabalho de 0,3700 ha h⁻¹ e apresentou uma perda média de tubérculos de 260,27 kg ha⁻¹. A colhedora Grimme SE 75-20 apresentou uma Eficiência de Campo de 69,79%, com uma Capacidade Efetiva de Trabalho de 0,2574 ha h⁻¹ e apresentou uma perda

média de tubérculos de 305,98 kg ha⁻¹. A colhedora Lockwood 4620 apresentou uma Eficiência de Campo de 69,59%, com uma Capacidade Efetiva de Trabalho de 0,4992 ha h⁻¹ e apresentou uma perda média de tubérculos de 3455,52 kg ha⁻¹. A colhedora AVR apresentou uma Eficiência de Campo de 70,50%, com uma Capacidade Efetiva de Trabalho de 0,3305 ha h⁻¹ e apresentou uma perda média de tubérculos de 2144,98 kg ha⁻¹. A colhedora Grimme DL 1500 apresentou uma Eficiência de Campo de 76,92%, com uma Capacidade Efetiva de Trabalho de 0,5152 ha h⁻¹ e apresentou uma perda média de tubérculos de 1091,31 kg ha⁻¹. Com relação a avaliação dos agricultores, no cômputo geral do ensaio obteve-se uma classificação da seguinte ordem, Grimme SE 75-20 com 2028 pontos, Kverneland UN2200 com 1952 pontos, Grimme DL 1500 com 1891 pontos, AVR com 1832 pontos e Lockwood 4620 com 1565 pontos obtidos. Diante desses resultados, conclui-se que com relação às perdas de tubérculos a colhedora que apresentou menor índice de perdas foi a colhedora AVR, seguida da Kverneland, Grimme SE 75-20, Grimme DL 1500 e Lockwood 4620. Com relação à avaliação dos bataticultores, a máquina que melhor desempenho teve foi a Grimme SE 75-20, seguida da colhedora Kverneland UN 2200, Grimme DL 1500, AVR e Lockwood 4620. Diante dessas conclusões, aceita-se a hipótese de que colhedoras importadas apresentam desempenho satisfatório e acredita-se que com o uso dessas colhedoras pode-se elevar a competitividade do produto nacional.

Palavras-chave: mecanização, máquinas agrícolas, perdas durante a colheita, sistema de informação geográfica.

ABSTRACT

Harvesting is a fundamental step in a potato (*Solanum tuberosum* L.) production system. Maybe, it is the most complex and expensive operation. In our country, the mechanical harvesting of potato is becoming viable, in recent years only, mainly in great producing areas. So, to evaluate the performance of several potato harvesters, a field experiment was set in the Vargem Grande do Sul county, São Paulo State. Five marks/models of different manufacturers were tested and their individual performances compared. The harvesters were: Kverneland UN 2200; GRIME SE 75-20; GRIME DL 1500, LOCKWOOD 4620 and AVR. For each machine, an area was destined where took place the rising of factors that they can influence in the process, Soil resistance to the harvester digger penetration; ridge height and quality; weed quantity in the fiels, harvester effective, field capacity and field efficiency, and tuber loss were determined. Seventy five measurement sites were established for each experimental plot and they formed a rectangular mesh, with 5 rows and 15 columns, with a halfway points. The variability study was made using descriptive statics methods and spacial charts generated by means of geoestatics resources of Geographical Information System (GIS). A subjective evaluation of the harvesters' individual performances was made by thirty two farmers. Sixteen items considered importance for mechanical harvesting success, were defined and to each one a punctuation/score/note, varying from 1 to 5, was given. The experimental plots conditions were determined before the execution of the trials. The results showed that they were the same for all the fields worked with the harvesters. The harvester Kverneland UN 2200 presented a Field Efficiency of 73,18%, with a Field Capacity of 0,37 ha h⁻¹. With losses of tubercles, 83% of the values were below 393 kg ha⁻¹. The harvester Grimme SE 75-20 presented a Field Efficiency of 69,79%, with an Effective Field Capacity of 0,2574 ha h⁻¹. With losses of the tubercles, 88% of the values were below 735,58 kg ha⁻¹. The harvester Lockwood 4620

presented a Field Efficiency of 69,59%, with an Effective Field Capacity of 0,4992 ha h⁻¹. With losses of tubercles, 93% of the values were below 8138 kg ha⁻¹. The harvester AVR presented a Field Efficiency of 70,50%, with an Effective Field Capacity of 0,3305 ha h⁻¹. With losses of tubercles losses, 83% of the values were below 262,08 kg ha⁻¹. The harvester Grimme DL 1500 presented a Field Efficiency of 76,92%, with an Effective Field Capacity of 0,5152 ha h⁻¹. With losses of the tubercles, 76% of the values were below 1563,1 kg ha⁻¹. The farmers' evaluation was the following: Grimme SE 75-20 with 2028 points, Kverneland with 1952 points, Grimme DL 1500 with 1891 points, AVR with 1832 points and Lockwood with 1565 points. It is ended that the harvester that presents better Field Efficiency was Grimme DL 1500, followed by Kverneland, AVR, Grimme SE 75-20 and Lockwood. With the machine losses, the one that presented small index of losses was the harvester AVR, followed by Kverneland, Grimme SE 75-20, Grimme DL 1500 and Lockwood 4620. The establishment of a reliable correlation levels between production factors of the experimental crops and the operational results wasn't possible. By the evaluation of the potatoes farmer the best machine that carries out was Grimme SE 75-20, followed by the harvester Kverneland UN 2200, Grimme DL 1500, AVR and Lockwood 4620. However, the results, obtained with all harvesters, showed that the starting of the mechanical harvesting of potato with foreign machines, in our country, is reliable.

Palavras-chave: mecanization, agricultural machines, losses during the harvest, geographical information system.

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) constitui uma das mais importantes culturas do mundo, estando entre as mais produzidas, ao lado do arroz, trigo e milho. No Brasil, é considerada a principal hortaliça, tanto em área plantada como em preferência alimentar. A área anual plantada é cerca de 180 mil hectares, sendo o primeiro produtor na América Latina com 2,7 milhões de toneladas por ano. As regiões Sul e Sudeste (RS, SC, PR, SP e MG), são as principais produtoras e respondem por percentuais superiores a 96% da produção brasileira, conforme TÔRRES (1999).

Dentre os processos que compõem o sistema de produção da cultura da batata, a colheita apresenta-se como etapa fundamental, sendo uma das operações mais onerosas do processo produtivo. No Brasil, a colheita geralmente é realizada de forma manual ou semi-mecanizada, sendo responsável pelo alto custo de produção.

O processo de colheita mecanizada da batata apresenta papel de suma importância para as regiões produtoras, principalmente para a otimização do processo produtivo, onde o produtor pode obter um rendimento de colheita muito superior ao sistema manual ou semi-mecanizada, podendo dessa forma otimizar a área de produção e promover a retirada dos tubérculos mais rápida do solo, estando livre do risco de ataque de pragas e doenças, permitindo assim cumprir rigorosamente os prazos de entrega da produção, quando esta é destinada à indústria.

Nos Estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais, os bataticultores especializados no fornecimento de batata para a indústria, iniciaram um movimento para a aquisição e trocas de experiências com colhedoras importadas de batata, conseqüentemente criaram uma demanda por informações referentes às reais oportunidades de melhoria que a mecanização da colheita vem propiciando. Assim, levantou-se a hipótese de que colhedoras importadas operando em

lavouras conduzidas com sistemas operacionais difundidos no Brasil apresentam desempenho satisfatório, elevando a competitividade do produto nacional.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho operacional de cinco colhedoras importadas em condições de lavouras brasileiras, buscando caracterizar os fatores de produção, suas relações com o resultado da operação, os fatores causadores de perdas e a opinião de diferentes bataticultores que tiveram a oportunidade de constatar o desempenho de cada máquina no campo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características das etapas operacionais da produção de batatas e sua importância na colheita mecanizada

Os produtores de batata buscam implantar uma lavoura mais uniforme possível, focando uma boa produtividade. Essa busca pela uniformidade é importante tanto para a produtividade, como também para um melhor desempenho de colhedoras. Para isso, um dos pontos de grande importância é iniciar com a obtenção da batata-semente de qualidade e ajustada as condições do sistema operacional em uso pelos bataticultores.

Segundo ASSIS (1999), a formação dos tubérculos se dá pelo acúmulo de água, nutrientes e carboidratos nas células das extremidades de hastes subterrâneas, denominadas estolões. A produção de batata que visa ao seu uso exclusivo como semente, obedece a determinados critérios, de forma que se obtenham tubérculos com tamanho adequado e dentro de padrões genéticos e fitossanitários estabelecidos para cada classe de semente. Um dos fatores determinantes da qualidade da semente é o índice de infecção por vírus e bactérias sistêmicas. DIAS (1997), comenta que a batata-semente para o plantio deve ser proveniente de campos certificados, a fim de permitir o máximo rendimento possível, havendo uma boa uniformidade da lavoura. A maioria das batatas cultivadas em nosso meio sofre processo rápido de degenerescência ocasionado por doenças de vírus que torna a planta cada vez menos produtiva. O Brasil, segundo CAMARGO FILHO et al. (1999), importa anualmente 14 variedades, sendo 10 da Holanda, 2 da Suécia, 1 da Alemanha e 1 do Canadá para suprir a demanda do país. JABUONSKI et al. (1988) comenta que a falta de programas de melhoramento genético mais amplos e agressivos no Brasil têm ocasionado o lançamento de batata-semente de um reduzido número de cultivares nacionais de batata. Em consequência, o

país é altamente dependente de cultivares estrangeiros para o plantio. ASSIS (1999) traça um comentário importante quanto à obtenção de batata-semente, que devido a razões econômicas e à oferta de mercado, é comum o produtor assegurar a semente para uso próprio, aproveitando a estrutura instalada para a batata-consumo. Essa técnica de aproveitamento e seleção da batata consumo para batata-semente é chamado de "tombo", onde é comum o agricultor aproveitar a batata por 3 safras, ou seja 3 tombos, sendo selecionado a cada safra batatas para serem replantadas. Para isso, algumas práticas se tornam necessárias para obter melhor qualidade e possibilitar novas multiplicações do material. Essas práticas são listadas por ASSIS (1999): demarcar uma gleba exclusiva para esse fim; erradicar periodicamente as plantas doentes; realizar os tratos culturais primeiro nessa área; fazer cobertura e amontoa mais freqüente e colher, classificar e armazenar com o maior cuidado possível. FILGUEIRA (1989) e ARCE (1996) também comentam alguns pontos que devem ser seguidos para a obtenção de batata-semente, como produzir sementes de boa qualidade quanto a tamanho, estado fisiológico e estado de conservação; produzir sementes livres de enfermidades causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides.

Em seqüência, outro fator muito importante no contexto da produção de batata é o preparo do solo, sendo que este pode ser diferente quanto ao tipo e as condições que a área de trabalho apresenta. DIAS (1962) relata que o preparo do solo para o início do plantio deve ser o melhor possível, a fim de facilitar o desenvolvimento do delicado sistema radicular da planta e também dos tubérculos. O bom preparo do solo é, em grande parte, a garantia do sucesso da cultura. O autor comenta, ainda, que o terreno deve sofrer duas arações no mínimo, seguida de gradagens, até que se apresente em ótimas condições para receber as batatas-semente. LOPEZ e MARTIM-PORTUGUÊS (1983) comentam que o preparo do solo é de grande importância para as plantas que apresentam a parte subterrânea desenvolvida, como é o caso da batata, mandioca, beterraba, cenoura, entre outras. DIAS e MARTINS (1997) comentam que o preparo do solo para a cultura da batata deve ser realizado de forma que este fique bem solto, proporcionando certa porção de umidade e ar, para uma melhor produção. RACHWAL e DEDECEK (1996) comentam que em estudo com quatro diferentes tipos de solo, o que apresentou maior aeração e disponibilidade de água, produziu mais e apresentou menor número de tubérculos rachados. Segundo FONTES (1997), devido ao fato dos tubérculos de batata crescerem no solo e a batateira necessitar de irrigação ou chuvas freqüentes para

completar seu ciclo, é preferível solos de textura média para o seu cultivo. Neste tipo de solo, ocorre a emergência mais rápida, melhor penetração de raízes, melhor expansão dos tubérculos, melhor drenagem. O autor ainda comenta que o preparo do solo deve ser ajustado de acordo com o seu tipo e textura. As arações visam cortar o solo e revolver, tornando-o mais solto, permeável, aerado, permitindo melhores condições de desenvolvimento da batata, lembrando-se sempre que logo após o processo de aração deve ser realizado o processo de gradagem. MONTALDO (1984) comenta que se deve nivelar bem o solo para evitar encharcamento e facilitar as próximas operações mecânicas. ARCE (1996) traça um importante comentário quanto ao preparo do solo para a cultura da batata, onde nesse momento, deve-se destorroar bem o solo e destruir a camada compactada do solo, isso para um melhor desenvolvimento da batata. Em períodos secos pode faltar água para planta devido as raízes não se desenvolverem muito bem nestas condições, e em períodos de maior quantidade de água, haver encharcamento e possível podridão dos tubérculos. Após a operação de aração, deve ser realizado o processo de gradagem, para que não ocorra a formação de torrões, sendo que a última gradagem deve ser realizada às vésperas do plantio, o que facilitará o sulcamento. Com relação aos tipos de preparo, os mais comuns são os realizados através das arações e gradagens, FONTES (1997), relata que o uso de subsoladores é comum em grande parte de lavouras de batata do país, como também é o caso da enxada rotativa, mas com um uso menos freqüente. BOLLER e PREDIGER (2000) estudaram três tipos de preparo com três tipos de cobertura sobre a produção de tubérculos de batata; constataram então que o plantio direto após cobertura de centeio na região de Passo Fundo-RS, pode ser uma alternativa viável para a conservação do solo e para implantação da cultura da batata, sem prejuízos para o rendimento de tubérculos. Vale ressaltar que o melhor preparo de solo é sempre esmerado para um bom desenvolvimento dos tubérculos, mas além disso, outro fator de grande importância, que está ligado ao processo de colheita mecânica, é a presença de áreas compactadas ou a presença de torrões oriundos do preparo do solo, que dificilmente são destruídos. Dessa forma, na colheita mecanizada, dificilmente os torrões provenientes das camadas compactadas ou do preparo do solo serão separados pela colhedora, comprometendo o processo de lavagem e classificação da batata. Este fator é, sem dúvida, um dos maiores problemas encontrados pelos produtores de batata que usam o processo de colheita mecanizada, estudo esse já comprovado por ARCE (1996).

O processo de sulcagem é a etapa seguinte que sucede o preparo do solo e consiste na marcação das linhas e abertura do sulco onde serão depositadas as batatas-semente, sendo a última operação antes do plantio. A sulcagem é efetuada, normalmente, à uma distância de 0,80 metros para produção de batata-consumo e 0,75 metros na multiplicação de batata-semente, conforme FILGUEIRA (1999). Segundo CARDOSO (1981), os sulcos de plantio devem ser espaçados conforme a cultivar a ser utilizada e o objetivo da cultura. No caso da batata consumo, não só o espaçamento entre sulcos deve ser maior como também o espaçamento entre os tubérculos. Esse procedimento visa a maior aeração e maior espaço para o crescimento dos tubérculos, obtendo-se um maior número de tubérculos do tipo grande. CASTRO et al. (1982) comentam que para a prevenção de ombro verde em batata, uma prática que pode ajudar é a escolha da cultivar a ser plantada. MUNDY et al. (1999) em estudo sobre tamanho e espaçamento entre leiras na região da Carolina do Norte - EUA, propõem uma nova dimensão de 1,9 m, sendo este sistema comparado com um sistema convencional de 0,96 m em um solo com textura arenosa. Os resultados não apresentaram aumento significativo de produção, mas os autores comentam, que se os estudos se aprofundarem e se for possível obter equipamentos para plantio e colheita para esse novo sistema, futuramente isto poderá ser uma nova opção no sistema de produção da cultura da batata. ARCE (1996) relata que o processo de sulcagem apresenta importância não somente para o desenvolvimento das batatas, mas também na utilização de colhedoras, pois quando o sulco fica mal feito, pode haver a presença de torrões que não serão separados pelas colhedoras. Se os sulcos apresentarem diferentes espaçamentos entre si, poderão acarretar problemas no momento da colheita, pois os discos de corte responsáveis pela retirada da leira de batata podem operar sobre a mesma, danificando os tubérculos. FONTES (1997) faz um importante relato quanto a solos que apresentam tendência ao encrostamento: os sulcos devem ser preparados de forma que possibilitem, em épocas de temperatura abaixo de 15°C principalmente, uma cobertura da semente com uma camada de 0,06 metros de terra e se a temperatura aumentar, aconselha-se cobrir com camada de 0,12 metros.

Após o processo de sulcagem, tem-se o processo de plantio, momento em que as batatas-semente serão colocadas no sulco já preparado. Segundo CARDOSO (1981), MONTALDO (1984), DIAS (1997), ARCE (1996) e FILGUEIRA (1999), a operação de plantio pode ser realizada de duas maneiras, manual ou mecânica. Em relevos irregulares,

realiza-se o plantio manual e em áreas onde o relevo é plano, o plantio mecânico. FILGUEIRA (1999) comenta que o solo para o plantio deve estar ligeiramente úmido, devendo-se realizar, quando necessário, uma irrigação por aspersão. Um fator que chama bastante a atenção, é o problema com a erosão, que pode ocorrer no plantio da batata, quando esta é realizada no chamado “plantio das águas”, ou ainda pelo sistema de irrigação, pelo uso inadequado. Com relação à época de plantio, DIAS (1993) cita que a batata pode ser plantada o ano todo em zonas de clima favorável, desde que haja possibilidade de ser irrigada. Normalmente o plantio é feito em três épocas, “plantio das águas”, “plantio da seca” e “plantio de inverno”. FILGUEIRA (1999) cita que nas regiões bataticultoras, localizadas no Centro Sul do Brasil, o chamado “plantio das águas” (setembro a novembro), está sendo praticado em grande escala em altitudes superiores a 900 metros, com temperaturas diurnas amenas e noites mais frias. O chamado “plantio da seca” (fevereiro a abril), tem sido realizado em regiões de altitudes superiores a 600 metros, sendo que a temperatura e o fotoperíodo deve estar declinando ao longo do ciclo, para melhor desenvolvimento da cultura. O chamado “plantio de inverno” (maio a julho) vem sendo praticado em altitudes variadas, inclusive em regiões baixas por apresentar inverno suave, sendo que em algumas regiões as geadas podem se tornar fator limitante.

Outro fator de extrema importância na cultura da batata, tanto para produção quanto para a mecanização, é o processo de amontoa, que consiste em aproximar a terra ao pé dos brotos da batata. Esse tratamento característico é imprescindível para a cultura da batata e conforme DIAS (1993), esta operação deve ser realizada quando as plantas atingem de 0,20 a 0,30 metros de altura, ou seja, aproximadamente um mês após o plantio. A terra é colocada de ambos lados da planta formando um camalhão com cerca de 0,20 metros de altura. FILGUEIRA (1999), relata que além de proporcionar melhor desenvolvimento da batata, a amontoa funciona como um protetor físico para os tubérculos contra a luz solar, cuja ação provoca o esverdeamento dos tubérculos devido a formação de clorofila, tornando-se indesejável para o consumo. FONTES (1997) e ARCE (1996) descrevem que a amontoa é um processo de fundamental importância no controle de ervas: proporciona maior aeração ao solo e conseqüentemente aos tubérculos e melhora a penetração da água. A amontoa deve ser realizada apenas uma vez, preferencialmente após a aplicação do adubo, para que esta operação não promova a danificação dos tubérculos. Essa operação deve ser feita da melhor

forma possível, aproveitando a adubação de cobertura realizada, procurando proteger ao máximo os tubérculos contra os raios solares e promover um bom desempenho dos equipamentos de colheita.

Em se tratando dos tratos culturais, o mato apresenta-se como problema no desenvolvimento da batata. MONTALDO (1984) e DIAS (1993) comentam que a cultura da batata deve ser mantida no limpo durante todo o ciclo vegetativo. Isso pode ser conseguido por meio de capinas manuais ou mecânicas, ou ainda por meio do controle químico. ALCÂNTARA e FERREIRA (1999) comentam que o primeiro terço do ciclo é a fase mais crítica de competição do mato. As capinas manuais são realizadas geralmente em terrenos declivosos. Em terrenos planos, utiliza-se o controle mecânico através de cultivadores, sendo que para grandes áreas normalmente se utiliza o controle químico do mato. Quanto ao uso do controle mecânico, este ocorre apenas nas entre leiras. Quando ocorrer a presença de mato entre as plantas, este deve ser arrancado manualmente, etapa esta dispensável no controle químico, onde se faz o uso de produtos sistêmicos. DIAS (1997) cita que se deve fazer o uso de produtos, que além de um controle eficiente do mato, apresentem ação prolongada até a época da amontoa. A presença do mato pode influenciar no processo de colheita mecanizada, pois algumas colhedoras não apresentam sistema para a separação de ramos da batata e do mato. Alguns agricultores acreditam, que algumas vezes, a presença do mato pode ser benéfico. Isso ocorre quando o agricultor não pode tirar imediatamente a batata da lavoura, sendo que nestas condições, o mato serve como protetor, promovendo o sombreamento da batata e mantendo o solo úmido.

Com relação às pragas na cultura da batata, estas são responsáveis por grandes prejuízos, refletindo diretamente na produção e conseqüentemente na lucratividade da lavoura, sendo portanto fator de grande preocupação, tanto por parte de pesquisadores quanto de produtores. MONTALDO (1984) relata que os insetos e outras pragas causam dano ao se alimentarem, tanto da parte aérea quanto da parte subterrânea da planta. Dessa forma, as pragas diminuem o desenvolvimento por destruição e danos físicos causados à planta. Conforme o tipo de aparelho bucal que o inseto apresenta, pode causar diferentes tipos de danos. Os afídeos geralmente transmitem viroses e os mastigadores causam danos diretos, diminuindo a área foliar da planta. O autor comenta que algumas pragas podem ser controladas por meios fisiológicos, cultural e químico. Geralmente, a combinação dos métodos

é o que apresenta maior resultado no controle das pragas. ARCE (1996) relata que muitos agricultores utilizam produtos granulados que são aplicados no sulco de plantio, apresentando bom resultado. Ressalta, porém, o perigo do uso incorreto deste tipo de produto para a saúde das pessoas, e discute ainda a importância de se identificar exatamente o tipo de praga, através do treinamento de técnicos, para que somente na hora em que for necessário, seja feito o seu controle químico. SOUZA e REIS (1999) comentam que atualmente uma das principais pragas responsáveis pela maior preocupação dos bataticultores é a larva da mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), pois em condições ideais, pode chegar a atacar 90% dos folíolos das folhas das plantas. Comentam ainda que o controle mais adequado é o manejo integrado, controle químico com produtos seletivos ao principal inimigo natural da larva da mosca, o microhimenoptero *Opius* sp., sendo que a prática que aumenta a população desse inimigo natural é o cultivo associado da batata com faixas de plantas de feijão.

Com relação à adubação da cultura da batata, verifica-se que esta absorve grandes quantidades de nitrogênio e potássio, conforme BOOCK et al. (1962), CHAVES e PEREIRA (1985), RETAMAL e NUÑEZ ARENAS (1991), sendo que os demais, em ordem decrescente são, cálcio, enxofre, fósforo e magnésio. REIS JÚNIOR e FONTES (1999) destacam vantagens do uso de adubação potássica sobre a cultura da batata. QUAGGIO et al. (1985) comentam sobre a importância do uso de calcário para a correção do solo, sendo que em estudos em um cambissolo álico, o cálcio mostrou-se como nutriente importante para o crescimento de tubérculos de batata. FAHL et al. (1980) relatam que o cálcio disponível para a planta pode ser reduzido quando o solo apresenta elevação na concentração do alumínio, sendo importante, segundo o autor, a prática de calagem. DIAS (1996) comenta que a época de assimilação dos elementos nutritivos pela planta da batata varia de acordo com o elemento, e dos diversos períodos vegetativos da planta e também, segundo BOOCK et al. (1962), o local onde o adubo é aplicado na planta. Para os elementos nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre, o máximo de absorção ocorre entre 40 a 50 dias após o nascimento da planta. Já os produtos nitrogenados, o ideal, devido à sua lavagem, é realizar a aplicação parcelada. FONTES (1999), comenta que o uso da aplicação parcelada do nitrogênio tem dado boas respostas com relação à produtividade. O autor comenta que a necessidade da adubação está relacionada com a exigência da planta e a disponibilidade de alguns nutrientes que o solo pode apresentar, e comenta ainda, que em lavouras irrigadas a exigência de nutrientes é maior do

que em lavouras não irrigadas. DIAS e MARTINS (1997) comentam que a aplicação dos adubos devem ser feitas com toda cautela, a fim de que não ocorram queima e apodrecimento dos tubérculos. Por outro lado, não se deve distanciar muito o adubo das batatas-semente, para não prejudicar o seu bom aproveitamento pelas plantas, sendo que o recomendável são distâncias de 0,05 metros a 0,10 metros do adubo até a batata-semente. Os autores ainda comentam sobre a aplicação mineral de cobertura, sendo que o elemento nitrogênio pode ser aplicado na amontoa, nas doses que dependem de qual é a época em que se realizou o plantio, e que em épocas de temperaturas mais elevadas, a aplicação deve ser em menor quantidade. SANGOI e KRUSE (1994) em estudo com adubação de batata-semente e batata para consumo na região de Lages-SC, comentam que a necessidade de adubação de uma mesma formulação é menor para a batata-semente do que para a batata consumo para atingir o máximo de produção encontrada. Outro fator que o autor ressalta é de que houve aumento de Sarna nos tubérculos, quando do aumento do pH do solo de 5,5 para 6,0. NAKAGAWA (1988) relata sobre a utilização da prática de adubação foliar na cultura da batata, sendo que se deve tomar o máximo de cuidado com essa prática, pois se recomenda apenas quando ocorrer acidentes climáticos; solos problemáticos; problemas nutricionais evidentes ou adubação de plantio insuficiente.

Outro processo de grande importância para a maioria das regiões produtoras de batata do país é a prática de irrigação, que é responsável pelo suprimento de água à planta e pelo seu bom desenvolvimento. DIAS (1993) cita que a irrigação deve ser feita por aspersão quando houver a falta de chuva. As primeiras irrigações deverão molhar 0,30 à 0,40 metros de profundidade, sendo que as irrigações subsequentes deverão propiciar a necessidade hídrica exigida pela planta. Na prática de irrigação é fundamental saber qual a época de maior demanda pela planta, isto para que não ocorram faltas e para saber, neste momento, qual é o melhor manejo. BEZERRA et al. (1996), estudando as fases fenológicas da batata na região de Piracicaba, comentam que o pico de consumo de água para a batata ocorreu na fase de tuberização. AGUIAR NETO et al. (2000), estudando a cultivar de batata Aracy, perceberam que a redução nas lâminas de água de irrigação afetou negativamente os índices fisiológicos do crescimento na cultura. No cultivo da batata podem ser utilizados vários tipos de irrigação, sendo que para OLIVEIRA e VALADÃO (1999), um deles é a irrigação por sulco, que consiste na irrigação por sulcos retos em declive e que requer terrenos relativamente planos,

com no máximo 2% de declividade e bem dimensionados contra a erosão. Outro sistema é a irrigação por aspersão (convencional, micro aspersão e pivô-central). Esse sistema é o mais utilizado, com eficiência que pode chegar a 90%, e podem ser utilizados em áreas que apresentam maiores declividades. A irrigação por gotejamento seria outro sistema, que pode chegar a 100% de eficiência, mas é mais usado em cultivo protegido e no caso da batata, algumas vezes na produção de batata semente. A irrigação da batata também se mostra com grande importância na colheita, onde a umidade do solo deve ser ideal para que a colheita manual ou mecânica proceda-se da melhor forma possível, não havendo principalmente problemas com danos nos tubérculos, conforme LOPEZ e MARTIM-PORTUGUÊS (1983). O processo de irrigação promove ainda um sério problema com relação à compactação do solo, como é o caso do pivô-central, onde este gera áreas ou linhas de compactação, devido a passagem dos rodados.

O processo de pulverização também é outro causador de compactação, pois toda vez que é realizado o processo de tratamento fitossanitário, o trator trafega na mesma área. Áreas compactadas também são observadas nas bordaduras da lavoura, onde ocorre um maior tráfego e principalmente manobras de máquinas agrícolas. A compactação dessas áreas está ligada ao desenvolvimento da cultura e ao processo de colheita mecanizada, onde as colhedoras sofrem mais com a resistência do solo e promovem o recolhimento de torrões provenientes dessas áreas. ARCE (1996) comenta que no momento da amontoa também pode ocorrer a formação de áreas compactadas, que causarão problemas na colheita mecanizada.

Outro fator relevante é a influência do relevo sobre a disposição da lavoura. Em terrenos com declividade acentuada, corre-se o risco de erosão, sendo necessário fazer as linhas de plantio em nível (ARCE, 1996; FONTES, 1997). Os autores relatam que, em terrenos de solos arenosos, o risco de erosão é maior e que se deve tomar o máximo cuidado, principalmente em áreas mais inclinadas. MONTALDO (1984) comenta que em terrenos planos ou com pequena declividade, o perigo de erosão é menor e que, nesse caso, é comum o uso do plantio em sulcos paralelos, não totalmente em nível, o que causa maior facilidade nos tratos culturais como pulverização, facilitando o processo de colheita.

2.2 Características do processo mecanizado de colheita de batata

Uma das premissas básicas para a viabilização do processo de colheita mecanizada é que o terreno seja plano ou com pequena declividade (CARDOSO, 1981; MONTALDO, 1984; DIAS, 1993; ARCE, 1996; FONTES, 1997; FILGUEIRA, 1999). A formação de boas leiras, com altura e largura dentro dos padrões recomendados, amontoa bem feita e terreno livre de camadas de solo compactadas são condições imprescindíveis para o sucesso do processo de colheita mecânica da batata.

ARCE (1996) comenta que, dentre as operações tradicionais, aquela que demanda de maior quantidade de mão-de-obra é a colheita, na qual se utiliza apenas equipamentos que retiram os tubérculos do solo, sendo necessário realizar a coleta em sacos para o transporte.

A colheita da batata pode ser efetuada manualmente utilizando-se enxadas. Entre pequenos bataticultores, especialmente em terrenos de relevo ondulado, esse é o sistema mais utilizado. Algumas vezes se faz o uso de pequenos arados de aiveca ou sulcadores de tração animal para auxiliar na destruição das leiras, sendo que, posteriormente, deve-se realizar a coleta da batata (FILGUEIRA, 1999). A colheita semi-mecanizada é utilizada em áreas maiores, com relevo plano ou com pequena declividade. A arrancadora de batata de disco rotativo é um dos equipamentos utilizados nesta operação. É constituído de um disco acionado pela Tomada de Potência (TDP) do trator, semelhante ao disco de arado. Uma faixa de solo é separada pelo disco de corte até o disco rotativo. O disco arremessa as batatas junto com a terra, ficando os tubérculos sobre o solo para posterior recolhimento (GADANHA JÚNIOR et al., 1991; MEIER, 1980). FAGGION et al. (2001) em estudo sobre a aplicação da engenharia e análise de valor, conseguiram ótimos resultados na otimização de uma arrancadora de batata, pela redução do custo de fabricação industrial e pela incorporação de mecanismo de segurança. Outro equipamento usado para a colheita semi-mecanizada é a chamada “esteirinha”, arrancadora composta de uma lâmina de arranque e uma esteira na qual é separado o solo da batata. Esta esteira é acionada pela TDP do trator, soltando as batatas sobre o solo, para posterior recolhimento manual. Este equipamento, segundo o INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE – ILR (1961), em estudo de colheita na cultura a batata na Holanda, apresenta grande facilidade de operação; é um equipamento

compacto; pode operar tanto em solos leves quanto pesados; opera a uma velocidade média de $2,5 \text{ km h}^{-1}$ (variando com o tipo de solo), chegando a colher em média 2 hectares por dia.

FILGUEIRA (1999) cita que existem máquinas automáticas que retiram e recolhem os tubérculos de duas fileiras e os descarregam em carretas, que se movem paralelamente às colhedoras. MONTALDO (1984) comenta que algumas colhedoras apresentam seu próprio reservatório, não havendo a necessidade da utilização de um caminhão acompanhando. O autor comenta que um sério problema das colhedoras é o dano mecânico causado nos tubérculos, podendo comprometer a comercialização da batata. MEIER (1980) cita que o fator que mais contribuiu para a colheita mecanizada da batata foi a escassez da mão-de-obra, sendo que para a fabricação destas colhedoras, tomaram como base as colhedoras de beterraba açucareira. GARZON et al. (1981) e PINZÓN DÍAZ (1992) comentam também que a colheita da beterraba açucareira na Europa, deu-se devido à falta de mão-de-obra, havendo a necessidade de mecanização em todas as etapas do cultivo. Os autores relatam que, semelhante ao caso da batata, o processo de colheita manual ou semi-mecanizado da beterraba açucareira é a etapa que produz mais gastos, sendo que a implementação da colheita mecanizada acarretou diminuição nos custos de produção. Ainda em estudos sobre a colheita da beterraba açucareira, TROCCHI (1992) relata que para ter bom desempenho de colhedoras, deve-se adequar as condições climáticas, épocas de plantio e se adequar bem aos prazos de entrega do produto na fábrica. Algumas colhedoras de batata, apesar de apresentarem sistema de separação de torrão, não são muito eficientes e a presença do torrão torna-se um problema na colheita mecanizada, pois causam sérios problemas no processo de limpeza da batata. O ILR (1960) apresenta um estudo com uma colhedora de batata da marca Krakei, a qual apresentou problemas na separação de torrão, sendo que este fator causa diminuição na velocidade de operação, necessária para que ocorra o processo de separação, levando conseqüentemente a uma diminuição do rendimento, ou seja, diminuição do número de hectares colhidos por dia. O ILR (1962), em estudo com uma colhedora da marca AMAC tipo VA, relata o problema com a separação de torrão em solos argilosos. Em solos argilosos, esta colhedora opera a uma velocidade de 2 a $2,5 \text{ km h}^{-1}$ e em solo com textura arenosa a velocidade de operação é de 3 a $3,5 \text{ km h}^{-1}$, aumentando conseqüentemente o rendimento operacional da colhedora. MONTALDO (1984) comenta que a eficiência de campo de colhedoras de batata está em torno de 70%. Segundo o ILR (1965a) colhedoras de uma linha,

como é o caso da Krakei tipo 1-WR, pode apresentar maior velocidade de operação, mas se houver problemas com a separação de torrão e hastes da batata, pode apresentar baixo rendimento. Ainda com relação a colhedoras de 1 linha, o ILR (1965b), estudando uma colhedora AMAC tipo ZW-1, relata o problema com a separação de hastes de plantas de batata. Neste estudo, avaliou-se a colheita em área com hastes dessecadas e outra com hastes arrancadas mecanicamente, sendo que na área com hastes arrancadas mecanicamente, não houve problemas com embuxamento; houve menor perdas de tubérculos e apresentou velocidade de trabalho de $4,6 \text{ km h}^{-1}$ e na área com hastes apenas dessecadas, a velocidade foi de $3,2 \text{ km h}^{-1}$; apresentando problemas com a separação de hastes e perdas de tubérculos que ficaram presos a estas hastes.

Com relação às perdas na colheita mecânica de batata, MATTILA (1989) em estudo na Irlanda, encontrou uma perda média de 2600 kg ha^{-1} , 7,6% da produção encontrada. ESSEN e LINT (1974) comentam que as perdas de tubérculos de batata ocorreram sob e sobre o solo e que os danos nos tubérculos também devem ser considerados como fator de estudos na colheita mecanizada de batata. O ILR (1960), avaliando uma colhedora Grimme-Universal, estudou os fatores que poderiam estar contribuindo para a ocorrência de perdas. O trabalho foi realizado em três tipos de solos, arenoso, arenoso/turfo e argiloso. Os resultados mostraram maiores perdas no solo argiloso, sendo que a perda em forma de dano também foi maior no solo argiloso, devido a maior presença de torrão que sobrecarregaram as peneiras e danificaram os tubérculos. Comenta-se ainda que em solo arenoso, a velocidade de trabalho é bastante superior aos solos argilosos, devido ao fator de eliminação de torrão. DEAN (1993) comenta que para prevenir perdas e evitar danos aos tubérculos na colheita mecanizada, é necessário fazer um bom ajuste da máquina em relação à lavoura a ser colhida. ESSEN e LINT (1974) comentam que quanto maior for a mecanização na cultura da batata, maiores serão os danos causados nos tubérculos. O ILR (1960), comenta que uma das práticas que podem ser usadas para prevenir danos é recolher um maior volume de terra junto aos tubérculos, mas se deve considerar um maior consumo de energia e diminuição do rendimento operacional da colhedora. LOOTSMA e SCHOLTE (1996), estudando métodos de colheita na infecção de tubérculos de batata, descrevem que equipamentos que incorporam os restos culturais (diminuição de inóculo para as próximas safras) e que danificam menos os tubérculos, apresentaram melhores resultados. NEWMAN (1979) cita que os danos causados

aos tubérculos de batata, quando da colheita mecânica, podem causar sérios problemas com perdas por deterioração na estocagem do produto. MCRAE (1977) em estudo com projeto e operação de colhedora para minimizar danos e perdas na colheita mecânica de batata, comenta que há a necessidade de se trabalhar as esteiras em dimensões, ângulo de funcionamento e rotação de trabalho. Com relação às perdas, deve-se melhorar basicamente todas as sessões da máquina, mas principalmente a lâmina de arranque, um dos componentes responsáveis pelo maior índice de perdas de tubérculos. OSTBY (1994) comenta que as perdas de batata na estocagem estão relacionadas com os danos por impacto causados nos elementos que compõem a colhedora e também no transporte. OSTBY (1997) cita que com o passar dos anos, devido a vários estudos nessa área, esses índices decresceram bastante, mas merecem ainda muita atenção. FILGUEIRA (1999), cita que estas colhedoras já estão sendo introduzidas no Brasil, mas devido seu alto custo, ainda não são comuns.

2.3 Uso de mapeamento e estudo de variabilidade no sistema de produção agrícola

Nos últimos anos, inúmeros trabalhos relacionados com o sistema de produção agrícola vem sendo realizados utilizando técnicas para análise da variabilidade espacial e também mapeamento de atributos relacionados com a lavoura. MOLIN (1997a) comenta que o uso destas e de outras práticas, deram-se em decorrência da agricultura de precisão. De acordo com MOLIN (1997b), pesquisas estão sendo conduzidas na área de Engenharia, incluindo desenvolvimento de sensores, sistemas de controle e equipamentos. O desenvolvimento de diferentes tipos de sensores para propriedades do solo e das plantas, tais como sensores para a matéria orgânica, nutrientes do solo e propriedades físicas do solo, vem sendo realizados. O autor ainda comenta que a geração de mapas de produtividade é considerada como uma das tarefas indispensáveis no processo de diagnóstico da agricultura de precisão. A associação destes mapas de diferentes propriedades do solo tem sido a ferramenta básica para as recomendações em aplicações localizadas de insumos, por exemplo. A agricultura de precisão pode ser vista como um sistema de monitoramento das variáveis em uma área, principalmente no que se refere ao contexto solo, planta e clima. É importante identificar as causas que estão provocando diferenças de produtividade em uma área e procura-se portanto, estabelecer uma homogeneidade da produtividade com menor impacto ambiental (BLACKMORE, 1999).

Vários estudos vêm sendo realizados com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG), principalmente em mapeamento de colheita, considerado um dos pontos iniciais para a agricultura de precisão; mapeamento de características de solo, como é o caso de SOUZA et al. (1999), em estudo do comportamento dos atributos químicos do solo. Ainda com relação as características do solo, MONIZ et al. (1994) comenta a utilização de SIG no mapeamento de características morfológicas do solo e VIEIRA et al. (2000), em estudo sobre mapeamento de atributos de solo e planta usando geoestatística. MOLIN (1997a) comenta a importância do mapeamento das características do solo que estão ligadas com a produção, sendo possível dessa forma, realizar-se a aplicação localizada de insumos, como fertilizantes químicos, sendo capaz de se obter redução na quantidade aplicada desses insumos, mantendo ou até mesmo melhorando o nível de produção e reduzindo riscos de contaminação ambiental causada pelos excedentes de insumos, uma vez que em locais em que se realiza agricultura há muitos anos, não é difícil de se encontrar concentrações de nitratos acima do recomendado por agências de proteção ambiental. BERGEIJK et al. (2001) comentam sobre a importância do uso de mapeamento de diferenças de tipo de solo para o processo de preparo. MANTOVANI et al. (1998) citam que a agricultura de precisão constitui em uma ferramenta de grande potencialidade, que proporcionará ao agricultor o mapeamento do solo, de aplicação de insumos e das atividades de colheita, considerando a área de modo diferenciado, a fim de racionalizar o uso de insumos e o consumo de energia. A preocupação mundial em relação à aplicação dessa tecnologia, refere-se à grande disponibilidade de informação, requerendo técnicos com experiência em interpretação dos dados, coletados sob a forma de mapas. Com o intuito de minimizar perdas em todo o processo produtivo, seja na colheita no plantio ou na aplicação de insumos, vários estudos vêm sendo realizados com aplicação de SIG, uma prática que vêm sendo utilizada nos últimos tempos. MOLIN (1997b) comenta que o uso de SIG na agricultura se deu em decorrência da agricultura de precisão, que preconiza em se conhecer e realizar um tratamento mais detalhado de cada porção da lavoura. ANDERSON e BULLOCK (1996) apresentam um interessante trabalho na utilização de SIG, na construção de cartas de espacialização com células quadradas em estudo de mapeamento da fertilidade do solo. VALERIANO (1999) apresenta uso de mapeamento com células quadradas em estudo sobre estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento, para modelagem da perda de solo.

Com base nos diversos estudos que vêm sendo realizados, atesta-se a necessidade da técnica da geoestatística como forma de avaliar a variabilidade espacial de diferentes propriedades em áreas que aparentemente pareçam homogêneas. Entretanto, dificuldades são encontradas para se determinar a melhor amostragem do solo, ou seja, a escolha de pontos na área que melhor a representem no todo, no que se refere à umidade, nutrientes, tipo de solo, etc. SALVIANO et al. (1998) ressaltam que a geostatística pode auxiliar a compreender como a erosão pode alterar as propriedades dos solos e, conseqüentemente, prejudicar a produtividade das culturas. A falta de homogeneidade em qualquer solo que seja estudado, as variações físico-vegetativas que existem de uma planta a outra e as variações ambientais que se apresentam entre pontos considerados próximos fazem com que os resultados, explicados mediante teorias baseadas no comportamento científico dos fenômenos, sejam muitas vezes valores aproximados das magnitudes verdadeiras. Por esses motivos, quando se pretende obter algum conhecimento do comportamento planta, solo, água e clima em áreas geográficas, pode-se chegar à imprecisão de algum parâmetro, devido à variabilidade de como se comporta dentro do espaço considerado (SEGÓVIA, 1982). A variabilidade espacial dos indicadores que interferem na produtividade, segundo ALBUQUERQUE et al. (1996), se não considerada, pode levar a conclusões errôneas de resultados experimentais e ao mau uso de áreas agrícolas. Quando considerada, há melhor planejamento e interpretação de experimentos, bem como um manejo mais adequado das culturas. Com relação as características químicas do solo, SOUZA et al. (1998) citam que o conhecimento da variabilidade dos atributos químicos são importantes, para fins de recomendação de adubação. O autor ainda comenta que o uso do solo com o passar do tempo, conduz o aumento na sua heterogeneidade, tornando-se necessário, para uma maior uniformidade e maior produtividade, a realização do mapeamento das características ligadas com a produção. Com menor variabilidade no sistema de produção, conforme PECHE FILHO et al. (1997), o desempenho operacional de máquinas em uma lavoura certamente será melhor. SOUZA et al. (1999), em um estudo numa área piloto de agricultura de precisão, realizaram estudos sobre atributos do solo, como fósforo, potássio, matéria orgânica e potencial de hidrogênio (pH), sendo que todas as variáveis estudadas apresentaram variabilidade, o que necessita do uso de equipamentos adequados, autopropelido ou nas próprias semeadoras para a aplicação de insumos nesta área. Com relação às características físicas do solo, TORMENA (1991) comenta o problema da compactação do

solo, que pode estar ligada diretamente à classe a qual o solo pertence e muitas vezes, apresentar grande variabilidade. O autor comenta que é comum se encontrar pontos onde a compactação em uma lavoura é maior, REIS et al. (1998), WEIRICH NETO et al. (1999), comentam que a variabilidade espacial com relação à compactação é muito alta na maioria dos solos, podendo-se notar que em menos de 0,30m, poderá haver variação na resistência à penetração. Visando ter medidas de parâmetros de solo, REICHARDT (1985) comenta que muitas vezes estes apresentam irregularidades que podem ou não estarem ao acaso em relação à sua distribuição espacial no campo. MONIZ et al. (1994) traçam um importante comentário com relação às variações morfológicas que podem existir em uma mesma gleba, sendo que fatores como declividade e clima influenciam fortemente na formação e que numa pequena porção de área pode haver a variação na formação do solo, o que certamente mudará as características químicas e também físicas destes solos. BAKHSH et al. (2000a) comentam sobre a importância do uso de Sistema de Informação Geográfica no estudo da variabilidade espacial da produção agrícola em relação a atributos do solo. BAKHSH et al. (2000b) apresentam um estudo sobre análise da variabilidade da produção de milho e soja em Iowa-EUA, ressaltando mais uma vez a importância do estudo sobre a variabilidade e interação com as características de solo, clima, entre outras.

2.4 Avaliação de desempenho operacional de máquinas agrícolas

Segundo MIALHE (1974), desempenho operacional é um complexo conjunto de informações que definem, em termos qualitativos e quantitativos, os atributos da maquinaria agrícola quando executam operações sob determinadas condições de trabalho. De acordo com MIALHE (1996), a avaliação de desempenho de máquinas pode ser entendido como fontes supridoras de dados para tomada de decisão sobre manejo adequado, seleção racional e garantia de qualidade. HUNT (1986) relata a grande importância nos estudos voltados para a avaliação de desempenho operacional de máquinas agrícolas. O autor comenta que principalmente na agricultura, necessita-se contar com uma espécie de sensibilidade e as condições meteorológicas; devendo portanto, realizar as operações com um mínimo de desperdício e com uma máxima eficiência.

Dessa forma, inúmeros são os trabalhos voltados para área de desempenho operacional de equipamentos agrícolas, como é o caso de MANTOVANI (1999), que apresenta um interessante trabalho sobre automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo. YANAI et al. (1999) apresentam também um estudo sobre desempenho operacional de trator com e sem acionamento da tração dianteira auxiliar.

Na área de semeadoras, vários são os trabalhos voltados para a área de avaliação de desempenho operacional, como é o caso de KURACHI et al. (1989) e MANTOVANI (1992). SANTOS (2001) apresenta uma importante contribuição sobre avaliação de sistema de distribuição longitudinal de sementes de milho, onde avalia a melhor adequação semente/orifício, através da utilização de SIG.

Na área de colhedoras, vários são os trabalhos realizados principalmente em relação as perdas na colheita de grãos. Segundo MESQUITA (1979), para que uma colhedora apresente um bom desempenho operacional, é necessário seguir alguns critérios, como velocidade de deslocamento; velocidade do molinete, no caso de soja e trigo; umidade do produto a ser colhido, entre outros. MESQUITA e HANNA (1979) utilizaram uma correia recolhadora observando uma redução de perdas de até 10%. Essa correia era adaptada na plataforma para que cada linha de soja fosse colhida separadamente, sendo que os grãos de soja que eram debulhados pelo impacto da barra de corte, e mesmo as plantas, poderiam ser recolhidas mais facilmente pelo uso da correia recolhadora. Em estudo com colheita na cultura do arroz (*Oryza sativa*), CARVALHO e TOLEDO (1990) informam que para todas as colhedoras ensaiadas no Centro Nacional de Engenharia Agrícola (CENEA), as perdas no arroz superam as perdas na soja, devido ao arroz apresentar difícil debulha e separação, e também por apresentar um alta taxa de alimentação, aumentando as perdas pelo sistema interno. REIS et al. (1996), em estudo de uma plataforma recolhadora (stripper), relatam que as perdas diminuíram significativamente com esse tipo de equipamento, onde ocorre a diminuição do material a ser processado pela colhedora, sendo conduzido para o sistema interno apenas as panículas do arroz e pouca quantidade de palha, facilitando o sistema de trilha da colhedora, minimizando as perdas. GOMES et al. (1998), em estudo com velocidades de deslocamento e velocidades do cilindro trilhador na colheita do trigo, observaram que com o aumento da velocidade de deslocamento (através de simulação), ou seja, aumento da taxa de alimentação da colhedora, necessitou-se de aumento na velocidade do cilindro trilhador para

se obter o menor índice de perdas. Nas velocidades de deslocamento de 3,5 e 6,5 km h⁻¹, observou-se velocidades do cilindro mais interessantes de 855 e 1025 min⁻¹, respectivamente.

Pode-se perceber que inúmeros são os trabalhos voltados para a área de avaliação do desempenho de máquinas e várias são as formas de avaliação, principalmente quantitativa. Com relação à avaliação qualitativa, SMITH (1993) comenta que este método de avaliação permite que se agrupem e examinem informações distintas, que escapam à maioria das formas de medição precisa. Dados provenientes desses métodos ajudam a validar medidas quantitativas. A análise qualitativa é um bom primeiro passo, particularmente em programas novos ou em desenvolvimento. Para conhecer uma escala de medida para um fenômeno qualitativo, o pesquisador deve considerar o referencial teórico relativo à mensuração de eventos qualitativos e as características de seu objeto de estudo. A representação numérica deve sugerir o que sejam as manifestações esperadas desse objeto, segundo o universo e conhecimento disponível sobre ele. LIKERT (1932), citado por PEREIRA (1999), propôs uma escala de cinco pontos com um ponto médio para registro da manifestação de situação intermediária, sendo então composta por “ótimo”, “bom”, “regular”, “ruim” e “péssimo”. Essa escala, segundo PEREIRA (1999), vem sendo largamente utilizada, quer na forma original, quer em adaptações para diferentes objetos de estudos. O sucesso da escala de LIKERT está em reconhecer manifestações da qualidade: reconhece a oposição entre o contrário; reconhece gradiente; e reconhece situação intermediária. BRUNE e MELO (2001) apresentam uma metodologia para avaliação de esverdeamento de tubérculos de batata, fator este que geralmente é causado devido a um mau preparo da leira. A proposta do autor foi testar um método de avaliação simples e rápido. Foram avaliados os tubérculos de diferentes variedades, atribuindo-se notas em uma escala de 5 pontos. O autor observou que o método se mostrou eficiente para uma separação adequada de genótipos resistentes dos suscetíveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado em uma lavoura comercial de batata, variedade *Atlantic*, destinada à industrialização, cultivada em área sob sistema de pivô central, na propriedade agrícola denominada Sítio Nossa Senhora Aparecida, município de Vargem Grande do Sul, Estado de São Paulo, em um Latossolo Vermelho de textura arenosa, com 77% de areia, 12% de silte e 11% de argila. No momento da avaliação dos indicadores de produção o solo apresentava teor de água médio de 14%, sendo o mesmo irrigado para iniciar os trabalhos de colheita, apresentando neste momento teor de água médio de 22%.

3.2 Máquinas e implementos agrícolas

Para realização do trabalho, foram utilizadas cinco colhedoras de batata, todas de origem estrangeira e tracionadas por tratores, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Relação das colhedoras, tratores e suas características, utilizados para desenvolvimento do trabalho.

DESCRIÇÃO		CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS				
Colhedora	Marca	Kverneland ¹	Grimme ¹	Lockwood ¹	AVR ¹	Grimme ¹
	Modelo	UN 2200	SE 75-20	4620	-	DL 1500
	Nº de linhas	2	1	2	2	2
Trator	Marca	M. Fergusson	Valmet	Valmet	Valmet	John Deere
	Modelo	292 (4x4)	985 S (4x4)	985 S (4x4)	985 S (4x4)	6300 (4x4)
	Marcha	2ª reduzida	4ª reduzida	3ª reduzida	3ª reduzida	2ª reduzida
	rotação	2000 rpm	1600 rpm	1500 rpm	1600 rpm	1700 rpm
	Potência	105 cv	105 cv	105 cv	105 cv	100 cv

¹ A citação das marcas não indica recomendação do autor.

A colhedora Kverneland UN 2200 (figura 1) apresenta sistema de engate no trator no centro da máquina. A plataforma de arranque é acionada por um sistema de comando hidráulico, apresenta na sua parte inferior lâminas ou relhas, dois discos de cortes nas laterais e um rolo na parte superior para evitar desmoronamento da leira. A profundidade de arranque é regulável, bem com os discos e os rolos. Apresenta uma série de esteiras que transportam e também ajudam na eliminação da terra que é recolhida junto ao tubérculo, sendo estas acionadas pela TDP do trator. Apresenta um sistema de descarga que é acionado por comando hidráulico, sendo necessário um caminhão ou trator com carreta que trafegue paralelo a máquina no momento da operação para recolhimento dos tubérculos.



Figura 1 – Colhedora Kverneland UN 2200.

A colhedora Grimme SE 75-20 (figura 2) apresenta sistema de engate no trator no centro da máquina. A plataforma de arranque é acionada por um sistema de comando hidráulico, apresenta na sua parte inferior lâminas ou relhas, dois discos de cortes nas laterais e um rolo na parte superior para evitar desmoronamento da leira. A profundidade de arranque é regulável, bem com os discos e os rolos. Apresenta uma série de esteiras que transportam e também ajudam na eliminação da terra que é recolhida junto ao tubérculo. Apresenta um sistema de separação de torrão formado por rolos de borracha e escovas. Apresenta um sistema de separação de ramas e mato formada por alguns ponteiros (ganchos) que capturam e

jogam para fora da máquina. Apresenta um reservatório de tubérculos com capacidade de aproximadamente 2 toneladas.



Figura 2 – Colhedora Grimme SE 75-20.

A colhedora Lockwood 4620 (figura 3) apresenta sistema de engate no trator no centro da máquina. A plataforma de arranque é acionada por um sistema de comando hidráulico, apresenta na sua parte inferior lâminas ou relhas e dois discos de cortes nas laterais. Apresenta uma série de esteiras que transportam e também ajudam na eliminação da terra que é recolhida junto ao tubérculo, sendo estas acionadas pela TDP do trator. Apresenta um sistema de descarga que é acionado por comando hidráulico, sendo necessário um caminhão ou trator com carreta que trafegue paralelo a máquina no momento da operação para recolhimento dos tubérculos.



Figura 3 – Colhedora Lockwood 4620.

A colhedora AVR (figura 4) apresenta sistema de engate no trator no centro da máquina. A plataforma de arranque é acionada por um sistema de comando hidráulico, apresenta na sua parte inferior lâminas ou relhas, dois discos de cortes nas laterais e um rolo na parte superior para evitar desmoronamento da leira. A profundidade de arranque é regulável, bem com os discos e os rolos. Apresenta uma série de esteiras que transportam e também ajudam na eliminação da terra que é recolhida junto ao tubérculo. Apresenta um sistema de separação de ramas e mato formada por alguns ponteiros (ganchos) que capturam e jogam para fora da máquina. Apresenta um reservatório de tubérculos com capacidade de aproximadamente 4 toneladas.



Figura 4 – Colhedora AVR.

A colhedora Grimme DL 1500 (figura 5) apresenta sistema de engate no trator no centro da máquina. A plataforma de arranque é acionada por um sistema de comando hidráulico, apresenta na sua parte inferior lâminas ou relhas, dois discos de cortes nas laterais e um rolo na parte superior para evitar desmoronamento da leira. A profundidade de arranque é regulável, bem com os discos e os rolos. Apresenta uma série de esteiras que transportam e também ajudam na eliminação da terra que é recolhida junto ao tubérculo, sendo estas acionadas pela TDP do trator. Apresenta um sistema de descarga que é acionado por comando hidráulico, sendo necessário um caminhão ou trator com carreta que trafegue paralelo a máquina no momento da operação para recolhimento dos tubérculos.



Figura 5 – Colhedora Grimme DL 1500.

3.3 Coleta de dados

Foram estudadas cinco áreas com pontos de amostragem formando malhas espacializadas para coleta de dados antes e depois da operação das colhedoras. Cada malha era composta de 5 linhas e 15 colunas, compondo 75 pontos de amostragem, conforme metodologia descrita por UNGARO et al. (1999), com área amostral de 1m² (Figura 6).

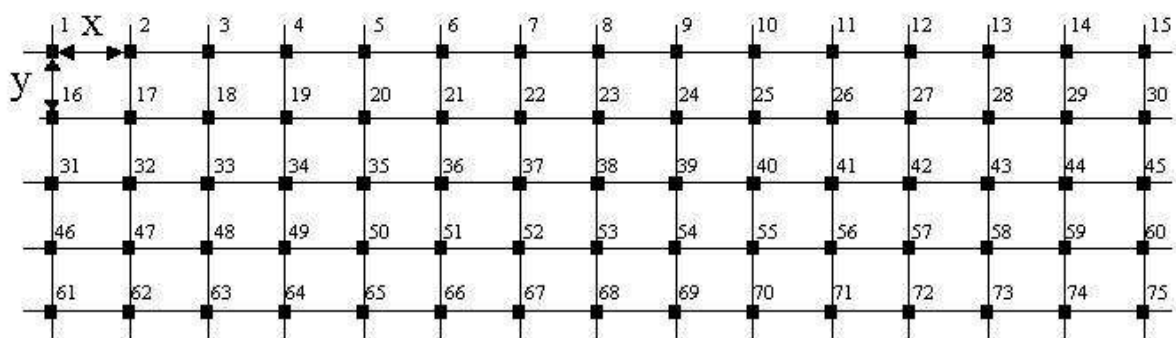


Figura 6 - Disposição dos pontos, para a coleta de dados nas referidas áreas.

Para iniciar os trabalhos com as colhedoras, foi sorteado em qual área cada colhedora operaria, então:

Na área 1, operou a colhedora Kverneland UN 2200, com espaçamento equidistante entre os pontos de 13 metros ($x = y = 13$ metros).

Na área 2, operou a colhedora Grimme SE 75-20, com espaçamento equidistante dos pontos de 13 metros ($x = y = 13$ metros).

Na área 3, operou a colhedora Lockwood 4620, com espaçamento equidistante entre os pontos de 13 metros ($x = y = 13$ metros).

Na área 4, operou a colhedora AVR, com espaçamento equidistante entre os pontos de 15 metros ($x = y = 15$ metros).

Na área 5, operou a colhedora Grimme DL 1500, com espaçamento equidistante entre os pontos de 15 metros ($x = y = 15$ metros).

3.4 Levantamento de indicadores de desempenho no processo operacional da produção de batata

Em cada ponto de amostragem das cinco áreas, foram avaliados os seguintes indicadores:

3.4.1 Avaliação da resistência do solo à penetração

Com o intuito de se observar a presença de camadas compactadas, fator que interfere no desempenho operacional de colheita, foi realizado, em cada ponto de amostragem, a determinação da resistência do solo à penetração no ponto central da superfície da leira de

batata, até a profundidade 0,35 m, com o auxílio de um penetrômetro da marca Stara[?]. Esta profundidade foi estabelecida considerando a altura média das leiras, que foi de 0,20 m, adicionando mais 0,15 m, no intuito de recolhimento de tubérculos que possivelmente estivessem posicionados logo abaixo da base da leira, sendo esta regulagem utilizadas em todas as colhedoras. Os resultados obtidos são em relação ao valor máximo de resistência do solo à penetração obtida.

3.4.2 Avaliação da qualidade da leira de batatas

A qualidade da leira é fator fundamental para o processo de colheita mecanizada. Sendo assim, nos referidos pontos de amostragem, foram atribuídos notas de 0 a 5 (Tabela 2), conforme metodologia descrita por LIKERT (1932), citada por PEREIRA (1999), para a qualidade estrutural apresentada pela leira de batata, conforme o critério do produtor da área em estudo e técnicos responsáveis pelo processo produtivo. Os critérios para a atribuição das notas levam em consideração a estrutura que a leira apresenta número de hastes presentes por metro quadrado e a presença de batatas descobertas, conforme pode-se visualizar na Figura 7.

Tabela 2 – Critério adotado para atribuição de notas em julgamento de qualidade de leira.

NOTA	CLASSIFICAÇÃO	CRITÉRIO
0	Muito Ruim	Leira mal formada; pouca ou nenhuma presença de hastes; presença de muitas batatas descobertas.
1	Ruim	Leira mal formada; presença de poucas e fracas hastes; presença de algumas batatas descobertas.
2	Regular	Leira razoavelmente formada; presença de boas, mas poucas hastes; poucas batatas descobertas.
3	Bom	Leira corretamente formada, boa distribuição de hastes; raramente batatas descobertas.
4	Muito bom	Leira bem formada; bom número de hastes vigorosas; ausência de batatas descobertas.
5	Excelente	Leira bem formada; bom número de hastes e uniformes; ausência de batatas descobertas.



Figura 7 – Qualidade das leiras e suas respectivas notas.

3.4.3 Avaliação da presença de mato

A presença de mato é outro fator que pode influenciar no processo de colheita mecanizada, já que na maioria das vezes em que haste e folhas não são separados pelas colhedoras, podem comprometer o desempenho de órgãos ativos. Da mesma forma que para a qualidade da leira, foram atribuídas notas de 0 a 5 pontos (Tabela 3) em relação a quantidade de mato presente nos pontos de amostragem, conforme Figura 8.

Tabela 3 – Critério adotado para atribuição de notas em julgamento de quantidade de mato.

NOTA	CLASSIFICAÇÃO	CRITÉRIO
0	Muito Ruim	Presença de grande quantidade de mato adulto, tanto gramíneas quanto leguminosas
1	Ruim	Presença de grande quantidade de apenas um tipo de mato na fase adulta.
2	Regular	Presença de boa quantidade de mato jovem e alguns adultos
3	Bom	Presença de pequena quantidade de mato jovem
4	Muito bom	Raramente presença de mato na fase jovem
5	Excelente	Ausência total de mato

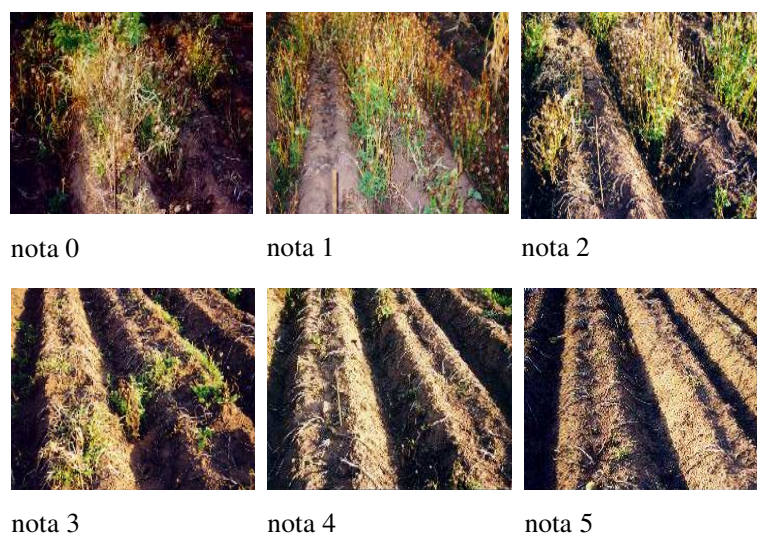


Figura 8 – Quantidade de mato e suas respectivas notas.

3.4.4 Determinação da altura de leira

A determinação da altura da leira foi realizada com auxílio de estaca e metro, medindo-se da parte inferior, encontrada entre as leiras, até o cume da leira a ser amostrada (Figura 9). A altura adequada e regularidade da leira é condicionante para otimização do desempenho da colhedora. Uma altura de leira uniforme propicia um fluxo contínuo de material para o interior da colhedora.

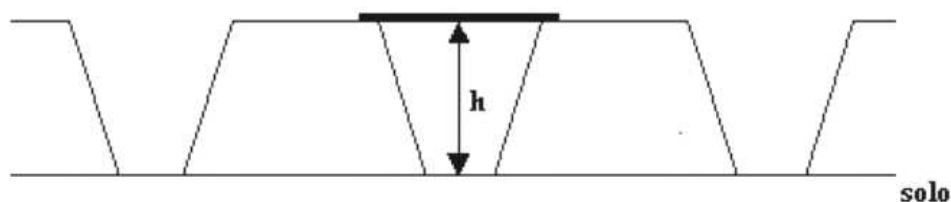


Figura 9 – Croqui que representa a maneira de determinação da altura da leira.

3.4.5 Avaliação do rendimento de tubérculos

O rendimento de tubérculos da lavoura é um fator que pode variar a taxa de alimentação da colhedora, interferindo no funcionamento de mecanismos internos, devido à falta ou excesso de batatas, podendo influenciar na qualidade do trabalho da máquina. Em

cada ponto de amostragem, foi realizado a determinação da quantidade de tubérculos produzidos por área [kg ha^{-1}], através de mobilização do solo com ferramentas manuais (enxada) e os tubérculos colhidos manualmente, em sacos plásticos, identificados e pesados imediatamente, sendo considerados para pesagem tubérculos com diâmetro superior a 28 mm.

3.4.6 Avaliação da presença de torrões

A presença de torrão é um dos fatores que preocupam os agricultores que praticam a colheita mecanizada, pois os torrões coesos provenientes do preparo do solo ou de áreas compactadas, com tamanho semelhante aos tubérculos, não são separados pelas colhedoras, prejudicando o processo de classificação e limpeza da batata. A seleção de torrões foi realizada em cada um dos pontos, com o auxílio de peneiramento manual da terra contida na leira no momento da avaliação de rendimento. A peneira manual era composta com furos suficientes para reterem tubérculos de batata, bem como os torrões com dimensões semelhantes às das batatas.

3.5 Avaliação de perdas de tubérculos

A avaliação de perdas foi realizada, verificando e coletando em cada um dos pontos amostrais a presença de tubérculos remanescentes, imediatamente após a passagem das colhedoras em estudo. Utilizou-se para essa avaliação, ferramentas manuais específicas para revolvimento manual de solo. Os tubérculos perdidos foram coletados e pesados, sendo considerados como perdas, tubérculos com diâmetro superior a 28mm.

3.6 Avaliação da capacidade operacional

Foram avaliadas as capacidades operacionais teórica, efetiva e consequentemente a eficiência de campo de cada colhedora, conforme descreve HUNT (1986). Para realização dos cálculos, trabalhou-se com os seguintes dados, obtidos para cada colhedora:

- **largura de trabalho [m]**: conforme espaçamento entre leiras da lavoura estudada e número de linhas que a máquina apresenta;
- **velocidade de operação [m s⁻¹]**: velocidade média de operação da colhedora na lavoura;
- **área trabalhada [m²]**: área demarcada para realização das avaliações da máquina;
- **tempo efetivo de campo [min]**: tempo total para a máquina colher a área demarcada.

A Tabela 4 apresenta as características de operação de cada colhedora.

Tabela 4 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva de cada colhedora.

DESCRIÇÃO	COLHEDORAS				
	Kverneland	Grimme SE75-20	Lockwood 4620	AVR	Grimme DL 1500
Largura de corte (m)	1,60	0,80	1,60	1,60	1,60
Velocidade de operação (m s ⁻¹)	0,877	1,281	0,866	0,814	0,894
Tempo efetivo de campo (min)	23,61	33,94	25,17	30,50	25,43
Área trabalhada (m ²)	1456	1456	1456	1680	1680

A capacidade teórica de campo (Ct) é dada por:

$$Ct = \text{Velocidade [m s}^{-1}\text{]} \times \text{Largura de trabalho [m]} \times 0,36 \text{ [fator de conversão de unidade]} \dots \text{eq.1}$$

A capacidade efetiva de campo (Ce) é dada por:

$$Ce = \text{Área trabalhada [m}^2\text{]} \times 60 \text{ [min h}^{-1}\text{]} / \text{Tempo efetivo [min]} / 10000 \text{ [m}^2 \text{ha}^{-1}\text{]} \dots \text{eq.2}$$

Consequentemente obtém-se a Eficiência de campo (Ef), dada por:

$$Ef [\%] = [Ce / Ct] \times 100 \dots \text{eq.3}$$

3.7 Tratamento Estatístico

O processamento dos dados foram divididos em etapas distintas; sendo que a primeira foi caracterizada pela determinação das medidas de tendência central (média, moda e mediana) e medidas de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação, variância, amplitude, máximo e mínimo), medidas de curtose e simetria, formando o chamado quadro de estatística descritiva para análise da variabilidade ocorrente, tanto para os indicadores avaliados em cada área, quanto para as perdas de tubérculos. Na segunda etapa, para o processamento dos dados, utilizou-se métodos de geoestatística, para os resultados de perdas de tubérculos, focou-se na obtenção de semivariogramas para análise da dependência espacial dos pontos amostrados, através da utilização do *Software* Variowin[?]. Na terceira etapa, foram empregados os recursos disponíveis do *Software* IDRISI 3.2[?], para a geração de cartas espacializadas dos atributos ligados à lavoura.

3.8 Método proposto para a avaliação das colhedoras pelos agricultores

Para viabilização da avaliação das colhedoras, foi utilizada uma estratégia caracterizada por quatro fases distintas.

Na primeira fase, optou-se por solicitar à empresa Elma Chips, uma colaboração no sentido de selecionar e indicar 32 fornecedores para participarem do trabalho e avaliação do desempenho das máquinas no campo. Em reunião de trabalho, com os 32 bataticultores, foi desenvolvida uma planilha de avaliação contendo 16 quesitos passíveis de serem valorados através de notas. Os quesitos foram relacionados de comum acordo entre técnicos da empresa, representantes e proprietários das máquinas. O resultado deste trabalho pode ser analisado visualizando a Figura 10. Após a confecção da planilha, todos os agricultores foram treinados para preencher os espaços destinados à avaliação.

Na segunda fase, os esforços foram caracterizados pela seleção e avaliação das áreas, onde as máquinas viriam a trabalhar. Os trabalhos foram realizados nas malhas demarcadas, sendo que os indicadores avaliados foram anteriormente apresentados aos bataticultores, mostrando as condições em que cada máquina iria trabalhar.

Na terceira fase, os 32 bataticultores foram orientados sobre a forma de aplicarem as notas e de como preencher a planilha de avaliação. As notas atribuídas foram de 1 a 5, conforme metodologia descrita por LIKERT (1932), comentada por PEREIRA (1999). O autor propôs uma escala de cinco pontos, com um ponto médio para registro da manifestação de situação intermediária, sendo então composta por “ótimo”, “bom”, “regular”, “ruim”, “péssimo”. Essa escala, segundo PEREIRA (1999), vem largamente sendo utilizada, quer na forma original, quer em adaptações para diferentes objetos de estudos.

Na quarta e última fase, os trabalhos foram desencadeados no campo, onde os bataticultores julgaram cada máquina, atribuindo notas para cada quesito.

Nome do Participante: _____
Empresa: _____

COLHEDORAS

	KVERNELAND 2200					GRIMME SE 75-20					LOCKWOOD					AVR	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1. FACILIDADE TRANSPORTE / LOCOMOÇÃO																	
2. FACILIDADE DE ACOPLAMENT																	
3. MANOBRABILIDADE																	
4. FACILIDADE DE OPERAÇÃO																	
5. EXIGÊNCIA DE TRAÇÃO																	
6. DESLOCAMENTO																	
7. FACILIDADE DE REGULAGEM																	
8. PARADAS																	
9. RISCO DE ACIDENTE																	
10. PRATICIDADE DE MANUTENÇÃO																	
11. DESGASTE DAS PEÇAS																	
12. ROBUSTEZ DA MÁQUINA																	
13. PERDAS NO CAMPO																	
14. ELIMINAÇÃO DE TORRÃO																	
15. DANOS FÍSICOS NAS BATATAS																	
16. EXPECTATIVA SUCESSO OPERACIONAL																	

Figura 10 – Planilha para julgamento do desempenho operacional das colhedoras em estudo pelos batateiros

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Considerações iniciais

Com a abertura da economia brasileira, muitos bataticultores tiveram acesso à importação de máquinas para tecnificação do processo operacional da produção de batata. Dentre esses produtores, alguns importaram de tradicionais países produtores de batatas do hemisfério norte, colhedoras com alta tecnologia. Essas máquinas já estão operando em áreas do Estado de São Paulo e de outros estados brasileiros, porém as condições de solo e de instalação das lavouras, podem influenciar no desempenho destas máquinas. Dessa forma, houve grande interesse pelos próprios produtores e importadores de que houvesse estudos mais aprofundados no sentido de conhecer as causas e formulação de justificativas para as frustrações operacionais que ocorrem em áreas aparentemente aptas para a colheita mecanizada. Assim, este trabalho foi realizado através de uma grande parceria, onde os bataticultores tiveram fundamental participação. Com interesse no desenvolvimento desse trabalho, a Indústria de batata Elma Chips – Pepsico do Brasil LTDA, contribuiu fortemente para que fosse possível reunir cinco tipos diferentes de colhedoras em uma mesma área e também contar com a presença de seus fornecedores para a avaliação. Para realização do trabalho de campo, contou-se com a parceria da Empresa Super Frio – Armazenamento de Cereais em Câmara Frigorífica, que disponibilizou a área e também equipe de apoio para coleta de dados.

Assim, Centro de Mecanização e Automação Agrícola (CMAA) do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) foram consultados sobre a possibilidade de realizar estudos em áreas de produtores e para testes e avaliação das referidas máquinas. Neste

sentido optou-se por essas parcerias para viabilizar rapidamente os estudos com colheita mecânica de batata no Brasil, bem como propiciar para os bataticultores brasileiros, acesso a informações tecnológicas ajustadas à nossa realidade, principalmente no que se refere à adequação dos processos de produção que viabilizam o uso de novas tecnologias na área de colhedoras de batatas.

4.2 Considerações sobre o desempenho da colhedora Kverneland UN 2200

4.2.1 Características da lavoura – área 1

Antes de iniciar a operação com a colhedora Kverneland UN 2200, empreendeu-se ações no sentido de caracterizar a variabilidade ocorrente na área sob a ótica de fatores que a equipe considerou relevante para a caracterização das condições em a máquina operaria. A Tabela 5 apresenta o resultado da estatística descritiva para os indicadores avaliados na área 1.

Tabela 5 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 1.

DESCRIÇÃO	INDICADORES					
	RSP* (kg cm ⁻²)	Altura de leira (cm)	Nota leira (0 – 5)	Nota mato (0 – 5)	Torrão (nº)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Média	48,23	19,97	4,08	3,29	0,63	31836,67
Mediana	48,00	20,00	4,00	4,00	0,00	30375,00
Moda	60,00	19,00	4,00	4,00	0,00	29187,50
Desvio padrão	8,52	1,42	0,75	1,32	0,96	8583,36
CV %	17,66	7,10	18,36	40,18	152,46	26,96
Curtose	-1,34	-0,52	0,11	0,23	3,48	1,35
Assimetria	0,17	-0,22	-0,53	-0,78	1,87	0,62
Amplitude	25,00	6,50	3,00	5,00	4,00	45562,50
Mínimo	35,00	16,00	2,00	0,00	0,00	13625,00
Máximo	60,00	22,50	5,00	5,00	4,00	59187,50

* Resistência Máxima do Solo à Penetração até a profundidade de 0,35 metros.

Com relação à RSP (Resistência do Solo à Penetração), até a profundidade de 0,35 metros, a área mostrou-se relativamente uniforme, com um desvio padrão baixo, resultando num coeficiente de variação da ordem de 17,66%, sendo que as medidas de tendência central mostraram que a maioria dos resultados determinados estavam em torno de

48,23 kg cm⁻², fazendo com que a equipe sugerisse irrigar a área para iniciar as operações, baixando a média para 40,1 kg cm⁻². A área apresentou uma distribuição caracterizada por uma curtose baixa (-1,34), conseqüentemente, o conjunto de valores tem uma tendência de não se concentrar em torno da média, ou seja, de não atender a normalidade, fato esse comprovado pela significativa diferença entre a média e a moda, que foi da ordem de 24,4% a mais para a moda. A moda, com esses valores elevados, refletiu num coeficiente de assimetria levemente positiva, criando uma expectativa de que mesmo irrigando, em alguns pontos da área, a colhedora poderia encontrar dificuldades operacionais, principalmente com a presença de torrões. A análise da amplitude reflete essa preocupação.

Com relação à análise de indicadores envolvendo variações na altura da leira, os resultados mostram que a área apresentava-se extremamente uniforme, com um desvio padrão bem baixo, resultando num coeficiente de variação da ordem de 7,1%. Esse valor reflete as insignificantes diferenças entre a moda, mediana e média, cujo os valores foram em torno de 20 cm, que é a altura coincidente com referências técnicas preconizadas por FILGUEIRA (1999), DIAS (1993), FONTES (1996) e ARCE (1996). A variabilidade na distribuição dos valores para altura de leira foi estatisticamente considerada normal, visto que os coeficientes de curtose e assimetria são baixos, permeando em torno de zero (LAPPONI, 1997). Os valores que representam os extremos, também apresentam pequenas diferenças, resultando em uma amplitude de 6,5 cm. Essas pequenas variações de altura de leira possivelmente foram absorvidas pela flexibilidade da regulação na máquina, conseqüentemente, não interferiram no desempenho operacional.

A análise da ocorrência de variabilidade para as condições estruturais das leiras sob a ótica do avaliador resultaram na distribuição, cujo desvio padrão foi relativamente baixo, propiciando um coeficiente de variação da ordem de 18,36%, provavelmente dentro dos limites para a normalidade, fato confirmado pelos valores praticamente idênticos para as medidas de tendência central (média, moda e mediana), que foi da ordem de 4 pontos, ou seja, praticamente toda a área apresentou leira bem formada; número correto de hastes vigorosas; ausência de batatas descobertas. Os coeficientes de curtose e assimetria confirmam novamente as tendências para a normalidade. Os valores extremos refletem a uniformidade da lavoura, principalmente se levada em consideração a amplitude com valor de 3 pontos. Essas diferenças possivelmente não influenciam no desempenho operacional da máquina.

Com relação à presença de mato como fator contribuinte para aumentar a probabilidade de insucesso operacional, a análise de distribuição mostrou uma área bem irregular, com coeficiente de variação da ordem de 40,18%, fato esse que retira possibilidades das variações ocorrentes serem normais, possivelmente por haver núcleos com quantidade de mato suficiente para comprometer o desempenho da colhedora. Os coeficientes de curtose e assimetria pouco refletem as características da variabilidade ocorrente na área, fato confirmado pelas medidas de extremos, que apresentam os máximos valores estabelecidos, sendo que a amplitude foi igual ao valor da nota máxima permitida, ou seja, confirmou-se que a gleba apresentou pontos onde, num determinado momento a lavoura estava no limpo e em outro, a lavoura apresentava-se extremamente infestada.

4.2.2 Análise de perdas de tubérculos

4.2.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais

A Tabela 6 mostra os resultados que caracterizam as variações das perdas ocorrentes em função da operação com a colhedora Kverneland UN 2200. A média de perdas calculada por métodos tradicionais foi de 260,27 kg ha⁻¹, porém o desvio padrão é maior que a média, fato esse que gera um coeficiente de variação de 153,13%, indicando total anormalidade na distribuição dos resultados de perdas durante todo o processo operacional, o que se comprova pelos resultados das medidas de tendência central, as quais diferem radicalmente entre si, reforçando a não representatividade da média, pois a moda é igual a zero e a mediana, igual a 155,7 kg ha⁻¹.

Tabela 6 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Kverneland UN 2200.

DESCRIÇÃO	PERDAS (kg ha ⁻¹)
Média	260,27
Mediana	155,70
Moda	0,00
Desvio padrão	398,56
CV%	153,13
Curtose	8,22
Assimetria	2,77
Intervalo	1965,00
Mínimo	0,00
Máximo	1965,00

O gráfico da distribuição de frequência (Figura 11) destaca a alta concentração de resultados de perdas na coluna entre zero e 218,3 kg ha⁻¹ de perdas de tubérculos.

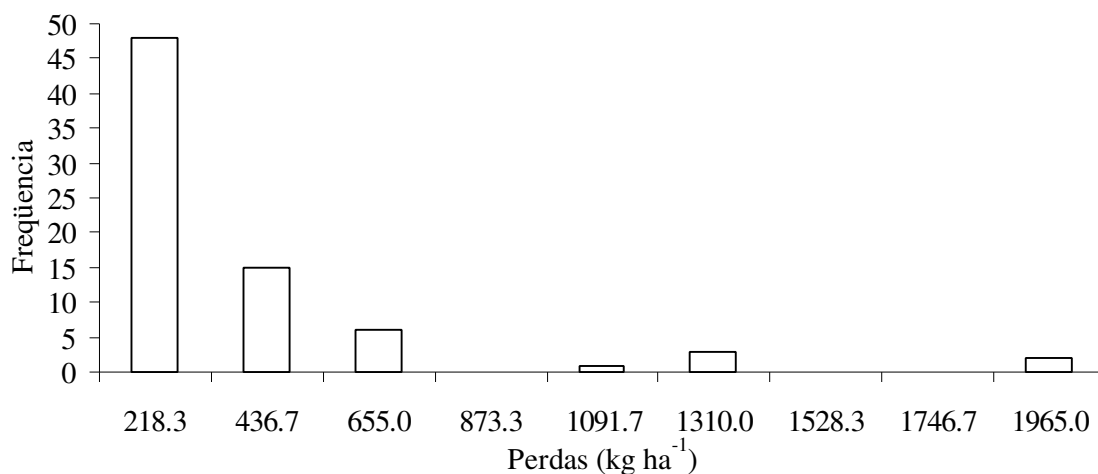


Figura 11 – Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos para a colhedora Kverneland UN 2200.

4.2.2.2 – Estudos da variabilidade espacial das perdas

Buscando entender a distribuição espacial da variabilidade de perdas, a análise do semivariograma apresentando na Figura 12 mostra que em decorrência da distribuição espacial dos pontos amostrados para um distância de 13 metros, não ocorreu dependência espacial.

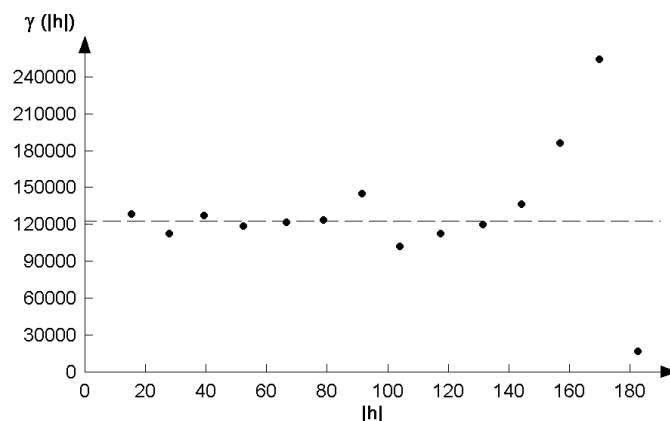


Figura 12 – Semivariograma dos resultados de perdas.

Dessa forma, não é possível mapear a distribuição de perdas utilizando os recursos de interpolação, no entanto, através da estratificação dos resultados, conforme tabela 7, é possível analisar os resultados por meio da geração de uma carta de espacialização com células quadradas, semelhantes às apresentadas por VALERIANO (1999), ANDERSON e BULLOCK (1996) e GOMES et al. (2000).

Tabela 7 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.

ESTRATO	PERDA	VALORES (kg ha ⁻¹)
1	Desprezível	< 393,0
2	Baixa	393,0 – 786,0
3	Média	786,0 – 1179,0
4	Alta	1179,0 – 1572,0
5	Muito Alta	> 1572,0

Na carta de espacialização de perdas apresentada na Figura 13, é possível perceber que as áreas de altas perdas ocorreram de forma a aparecerem em três faixas da área estudada, intercaladas por duas áreas onde as perdas foram consideradas desprezíveis, sendo que no canto superior esquerdo da área, houve concentração de perdas consideradas muito alta, ou seja, acima de 1572 kg ha⁻¹. Na faixa central, tanto em baixo quanto em cima, as perdas tenderam a ser de altas a média, e no lado direito as perdas tenderam a ser média a desprezíveis.

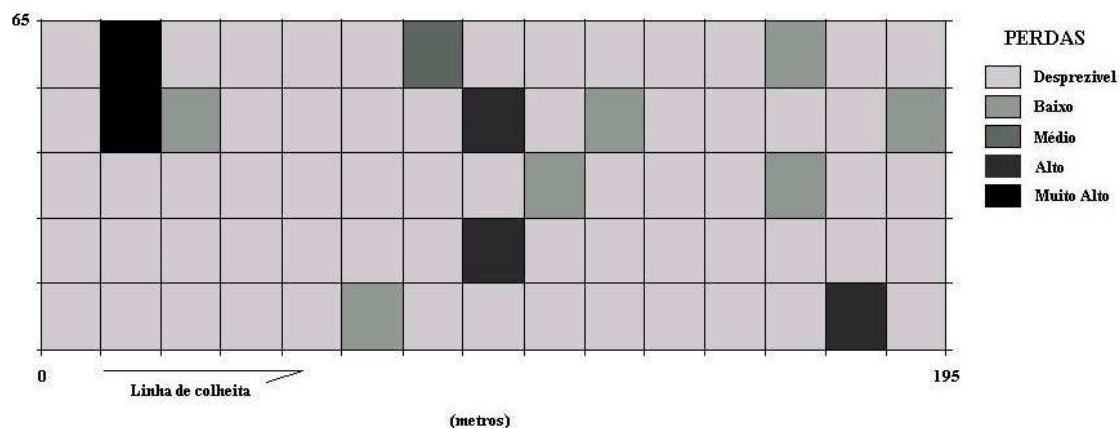


Figura 13 – Carta de espacialização de perdas com células quadradas.

O gráfico da Figura 14 destaca a distribuição percentual das perdas pela área, destacando-se que 83% são consideradas desprezíveis com valores abaixo de 393 kg ha⁻¹.

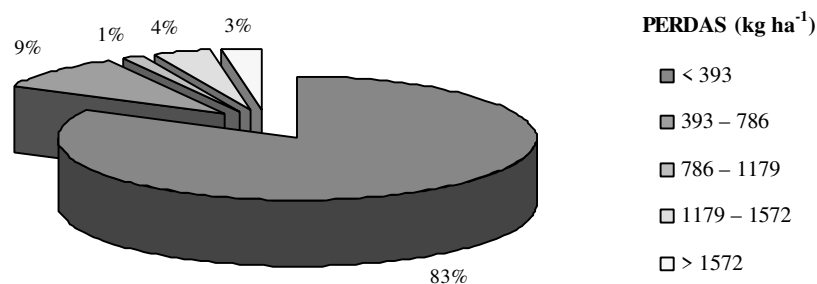


Figura 14 – Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.

4.2.3 Análise do rendimento operacional

A colhedora Kverneland UN 2200 operou em uma área cuja variabilidade do rendimento de tubérculos apresentou uma média de 31836,67 kg ha⁻¹, com um coeficiente de variação da ordem de 26,96%. Analisando a tabela 5, podemos constatar que essas variações foram de pontos com um mínimo de 13625 kg ha⁻¹ até um máximo de 59187 kg ha⁻¹, o que nos leva a reconhecer que, às vezes, a taxa de alimentação na esteira aumentou ou diminuiu instantaneamente da ordem de até 4,3 vezes, considerando também nessa área a questão do aparecimento de torrão por metro quadrado, conforme os dados da Tabela 5.

A tabela 8 contém as características operacionais da colhedora para este trabalho e os resultados de Capacidade de Campo e Capacidade Efetiva, conseqüentemente se obtendo o valor de Eficiência de Campo.

Tabela 8 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Kverneland.

DESCRIÇÃO	RESULTADOS
Largura de corte (m)	1,6
Velocidade de operação (km h ⁻¹)	3,16
Tempo efetivo de campo (min)	23,61
Área trabalhada (m ²)	1456
Capacidade Teórica (ha h ⁻¹)	0,5056
Capacidade Efetiva (ha h ⁻¹)	0,3700
Eficiência de Campo (%)	73,18

Através da largura de corte e da velocidade média de trabalho (3,16 km h⁻¹), gerou-se a Capacidade Teórica (0,5056 ha h⁻¹), conforme descreve HUNT (1986). Através da área da malha onde a colhedora operou e o tempo efetivo para operar em toda a área, gerou-se a Capacidade Efetiva, que foi de 0,3700 ha h⁻¹. A partir disso, determinou-se a relação entre a Capacidade Efetiva pela Capacidade Teórica, gerando a Eficiência de Campo para a colhedora Kverneland UN 2200, que foi de 73,18%, valor este semelhante ao comentado por MONTALDO (1984), que é de cerca de 70%.

4.3 Considerações sobre o desempenho da colhedora Grimme SE 75-20

4.3.1 Características da lavoura – área 2

Anteriormente ao início da operação com a colhedora Grimme SE 75-20, empreendeu-se trabalhos no sentido de caracterizar a variabilidade ocorrente na área, sobre os fatores que a equipe considerou de importância para a caracterização das condições em que essa máquina iria operar. A tabela 9 apresenta o resultado da estatística descritiva para os indicadores avaliados na área 2.

Tabela 9 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 2.

DESCRIÇÃO	INDICADORES					
	RSP* (kg cm ⁻²)	Altura de leira (cm)	Nota leira (0 – 5)	Nota mato (0 – 5)	Torrão (n°)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Média	45,28	18,87	4,04	3,31	0,49	30506,33
Mediana	43,00	19,00	4,00	3,00	0,00	30750,00
Moda	60,00	18,00	4,00	3,00	0,00	24250,00
Desvio padrão	8,74	2,16	0,88	0,96	0,69	8861,29
CV %	19,30	11,45	21,70	28,98	138,90	29,05
Curtose	-0,75	0,38	0,81	0,97	3,10	0,20
Assimetria	0,39	-0,52	-0,82	-0,56	1,58	-0,38
Amplitude	30,00	10,50	4,00	5,00	3,00	43937,50
Mínimo	30,00	12,50	1,00	0,00	0,00	2625,00
Máximo	60,00	23,00	5,00	5,00	3,00	46562,50

* Resistência Máxima do Solo à Penetração até a profundidade de 0,35 metros.

Com relação à RSP (Resistência do Solo à Penetração), até a profundidade de 0,35 metros, a área mostrou-se relativamente uniforme, com desvio padrão baixo resultando em um coeficiente de variação de 19,30%, sendo que as medidas de tendência central, mostram que a maioria dos resultados determinados estavam em torno de 45,28 kg cm⁻². Isso levou com que a equipe realizasse a prática de irrigação para o início das operações, baixando a média para 40,96 kg cm⁻². A área apresentou uma distribuição caracterizada por uma curtose baixa (-0,75), conseqüentemente o conjunto de valores tem uma tendência de não se concentrar em torno da média, ou seja, não apresentar normalidade, fato esse comprovado pela significativa diferença entre a média e a moda, que foi de 32,5%. A moda, com esses valores elevados, apresentou um coeficiente de assimetria positivo, criando uma expectativa de que mesmo sendo a área irrigada, em alguns pontos, a colhedora poderia encontrar dificuldades, principalmente com a presença de torrões. A análise da amplitude mostra essa preocupação.

Para as análises de indicadores de altura da leira, os resultados mostram que a área apresentou-se uniforme, com um desvio padrão baixo, gerando um coeficiente de variação de 11,45%. Esse valor reflete as insignificantes diferenças entre a moda, mediana e média, cujos valores foram próximos a 19 cm. A variabilidade na distribuição dos valores para altura de leira foi estatisticamente considerada normal, sendo que os coeficientes de curtose e assimetria são relativamente baixos, ou seja, próximos de zero. Os valores de extremos apresentam diferenças relativamente pequenas, resultando uma amplitude de 10,5 cm. Essas variações de

altura de leira, provavelmente foram absorvidas pela regulagem da máquina, não interferindo no desempenho operacional.

A análise da variabilidade para as condições estruturais das leiras na ótica do avaliador resultaram numa distribuição, cujo desvio padrão foi relativamente baixo, propiciando um coeficiente de variação de 21,7%, considerado dentro dos limites para a normalidade, fato este confirmado pelos valores de medidas de tendência central (média, moda e mediana), que foi da ordem de 4 pontos, ou seja, praticamente toda a área apresentou leira bem formada, número correto de hastes vigorosas e ausência de batatas descobertas. Os valores extremos mostram uma certa variação da lavoura, mas possivelmente deve ter ocorrido em pontos isolados, devido aos valores de medidas de tendência central apresentarem normalidade dos dados, sendo que essas diferenças provavelmente não influenciaram o desempenho operacional da máquina.

Para o parâmetro presença de mato, como fator contribuinte para aumentar a probabilidade de insucesso operacional, a análise de distribuição mostrou uma área relativamente irregular, com coeficiente de variação da ordem de 28,98%, fato esse que provavelmente retira possibilidades das variações ocorrentes serem normais. Possivelmente havia locais com quantidade de mato suficiente para comprometer o desempenho da colhedora. Os coeficientes de curtose e assimetria pouco refletem nas características da variabilidade ocorrente na área, fato confirmado pelas medidas de extremos, que apresentam os máximos valores estabelecidos, sendo que a amplitude foi igual ao valor da nota máxima permitida, ou seja, confirmou-se que a gleba apresentou pontos onde a lavoura estava no limpo e pontos onde a lavoura estava extremamente infestada.

4.3.2 Análise de perdas de tubérculos

4.3.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais

A tabela 10 apresenta os resultados que caracterizam as variações das perdas ocorrentes em função da operação com a colhedora Grimme SE 75-20. A média de perdas calculada por métodos tradicionais foi de 305,98 kg ha⁻¹, porém o desvio padrão é bastante alto, fato esse que gera um coeficiente de variação de 174,36%, indicando que não há normalidade na distribuição dos resultados de perdas durante todo o processo operacional, fato

comprovado pelos resultados das medidas de tendência central, as quais diferem altamente entre si, reforçando a não representatividade da média, pois a moda é igual a zero e a mediana é igual a 138,1 kg ha⁻¹.

Tabela 10 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Grimme SE 75-20.

DESCRIÇÃO	PERDAS (kg ha ⁻¹)
Média	305,98
Mediana	138,10
Moda	0,00
Desvio padrão	533,51
CV %	174,36
Curtose	21,72
Assimetria	4,02
Intervalo	3677,90
Mínimo	0,00
Máximo	3677,90

O gráfico da distribuição de frequência (Figura 15) destaca a alta concentração de resultados de perdas na coluna entre zero e 40,9 kg.ha⁻¹ perdas de tubérculos.

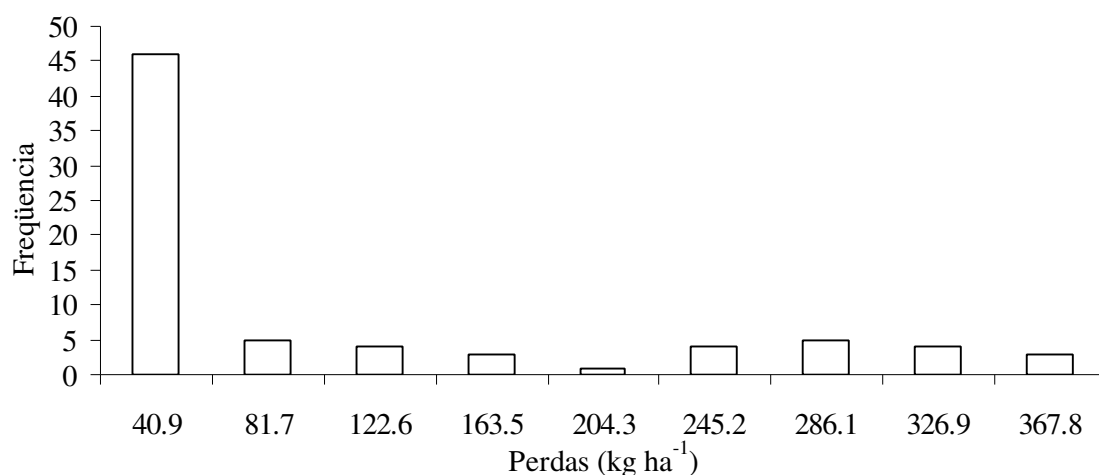


Figura 15 – Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.

4.3.2.2 Estudo da variabilidade de perdas

Procurando entender a distribuição espacial da variabilidade de perdas de tubérculos, a análise do semivariograma apresentado na Figura 16 mostra que em decorrência da distribuição espacial dos pontos amostrados para uma distância de 13 metros, não se detectou dependência espacial dos dados.

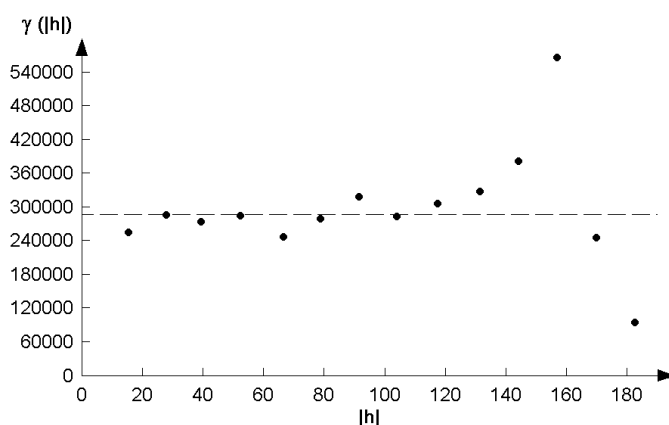


Figura 16 – Semivariograma dos resultados de perdas.

Assim, não é possível mapear a distribuição de perdas utilizando os recursos de interpolação, no entanto, através da estratificação dos resultados, conforme Tabela 11, é possível analisar os resultados através da geração de uma carta de espacialização com células quadradas.

Tabela 11 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.

ESTRATO	PERDA	VALORES (kg ha ⁻¹)
1	Desprezível	< 735,58
2	Baixa	735,58 – 1471,16
3	Média	1471,16 – 2206,74
4	Alta	2206,74 – 2942,32
5	Muito Alta	> 2942,32

Na carta de espacialização de perdas apresentada na Figura 17, é possível perceber que as áreas de altas perdas ocorreram de forma a aparecerem em três locais mais definidos da

área, intercaladas por áreas onde as perdas foram consideradas desprezíveis, sendo que no canto inferior esquerdo da área, houve concentração de perdas consideradas muito alta. Na faixa central, as perdas tenderam a ser média e no lado direito as perdas tenderam a ser baixas.

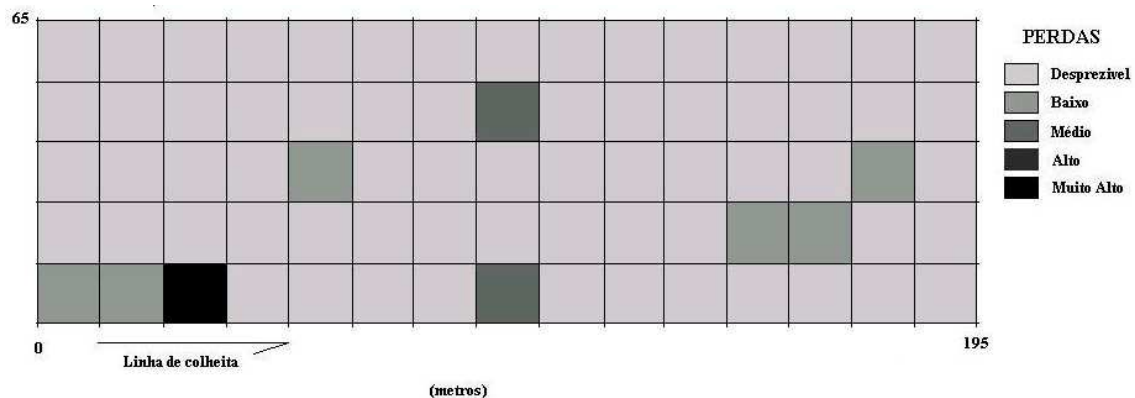


Figura 17 – Carta de espacialização de perdas com células quadradas.

O gráfico da Figura 18 destaca a distribuição percentual das perdas pela área, sendo que 88% são consideradas desprezíveis, com valores abaixo de 735,58 kg ha⁻¹.

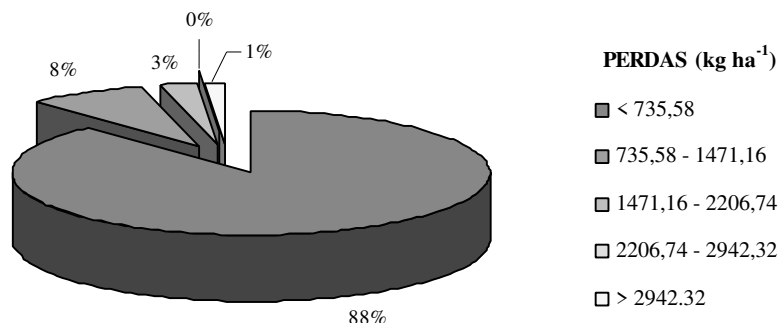


Figura 18 – Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.

4.3.3 Análise do rendimento operacional

A colhedora Grimme SE 75-20 operou em uma área cuja variabilidade do rendimento de tubérculos apresentou uma média de 30506,33 kg ha⁻¹, com um coeficiente de variação da ordem de 29,05%. Analisando a Tabela 9, podemos perceber que essas variações foram de 2625,0 kg ha⁻¹ até um máximo de 46562,5 kg ha⁻¹, o que leva a reconhecer que em certos

momentos, a taxa de alimentação da colhedora aumentou ou diminuiu instantaneamente da ordem de até 17,7 vezes, considerando também nesta área a questão do aparecimento de torrão por metro quadrado, conforme os dados da tabela 9.

A Tabela 12 contém as características operacionais da colhedora para este trabalho e os resultados de Capacidade de Campo e Capacidade Efetiva, consequentemente se obtendo o valor de Eficiência de Campo.

Tabela 12 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Grimme SE 75-20.

DESCRIÇÃO	RESULTADOS
Largura de corte (m)	0,80
Velocidade de operação (km h ⁻¹)	4,61
Tempo efetivo de campo (min)	33,94
Área trabalhada (m ²)	1456
Capacidade Teórica (ha h ⁻¹)	0,3688
Capacidade Efetiva (ha h ⁻¹)	0,2574
Eficiência de Campo (%)	69,79

Através da largura de corte e da velocidade média de trabalho (4,61 km h⁻¹), gerou-se a Capacidade Teórica (0,3688 ha h⁻¹). Através da área da malha onde a colhedora operou e o tempo efetivo para operar em toda a área, gerou-se a Capacidade Efetiva, que foi de 0,2574 ha h⁻¹. A partir desses valores, determinou-se a relação entre a Capacidade Efetiva pela Capacidade Teórica, gerando a Eficiência de Campo para a colhedora, que foi de 69,79%.

4.4 Considerações sobre o desempenho da colhedora Lockwood 4620

4.4.1 Características da lavoura – área 3

Antes do início da operação com a colhedora Lockwood 4620, desenvolveram-se trabalhos no sentido de caracterizar a variabilidade ocorrente na área, sobre os fatores que a equipe considerou de importância para a caracterização das condições em que essa máquina iria operar. A tabela 13 apresenta o resultado da estatística descritiva para os indicadores avaliados na área 3.

Tabela 13 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 3.

DESCRIÇÃO	INDICADORES					
	RSP* (kg cm ⁻²)	Altura de leira (cm)	Nota leira (0 – 5)	Nota mato (0 – 5)	Torrão (n°)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Média	43,93	19,59	4,11	3,88	0,45	33487,50
Mediana	42,00	20,00	4,00	4,00	0,00	33750,00
Moda	40,00	19,00	5,00	4,00	0,00	40000,00
Desvio padrão	6,73	1,94	0,95	0,94	0,70	10013,53
CV %	15,32	9,90	23,20	24,33	155,11	29,90
Curtose	0,17	-0,11	1,29	0,71	3,19	0,41
Assimetria	0,88	-0,67	-1,09	-0,75	1,73	-0,17
Amplitude	28,00	8,50	4,00	4,00	3,00	49312,50
Mínimo	32,00	14,50	1,00	1,00	0,00	8187,50
Máximo	60,00	23,00	5,00	5,00	3,00	57500,00

* Resistência Máxima do Solo à Penetração até a profundidade de 0,35 metros.

Com relação à RSP, a área mostrou-se relativamente uniforme com um desvio padrão baixo, resultando num coeficiente de variação da ordem de 15,32%, sendo que as medidas de tendência central, mostraram que a maioria dos resultados determinados estavam em torno de 43,93 kg cm⁻², o que baixou a média para 38,08 kg cm⁻². A área apresentou uma distribuição caracterizada por uma curtose aproximando-se de zero, tendendo concentrar os dados em torno da média, atendendo a normalidade, fato esse comprovado pela relativa proximidade entre os valores de medidas de tendência central (média, moda e mediana).

Para as análises de indicadores envolvendo altura da leira, os resultados mostram que a área apresentava-se uniforme, com um desvio padrão baixo, resultando num coeficiente de variação da ordem de 9,9%. Esse valor mostra as pequenas diferenças entre a moda, mediana e média, cujos valores ficaram em torno de 20 cm. A variabilidade na distribuição dos valores para altura de leira foi estatisticamente considerada normal, visto que o coeficiente de curtose é relativamente baixo, ou seja, perto de zero. Os valores que representam os extremos também apresentam pequenas diferenças, resultando uma amplitude de 8,5 cm. Essas pequenas variações de altura de leira foram, possivelmente, absorvidas pela flexibilidade da regulação na máquina, o que não interferiu no desempenho operacional.

A análise da ocorrência de variabilidade para as condições estruturais das leiras sob a ótica do avaliador resultaram em uma distribuição, cujo desvio padrão foi relativamente alto, propiciando um coeficiente de variação da ordem de 24,33%, fato esse confirmado pelos

valores não semelhantes para as medidas de tendência central (média, moda e mediana), sendo que na média, a lavoura apresentou-se bem formada, com número correto de hastes vigorosas e ausência de batatas descobertas. Porém o coeficiente de curtose e assimetria confirmam mais uma vez a variabilidade da área em relação à qualidade da leira. Os valores extremos refletem essa variação, principalmente se considerada a amplitude com valor de 4 pontos.

Com relação à presença de mato como fator contribuinte para aumentar a probabilidade de insucesso operacional, a análise de distribuição mostrou uma área relativamente irregular, com coeficiente de variação da ordem de 24,33%, apesar das medidas de tendência central (média, moda e mediana) se mostrarem semelhantes. Os coeficientes de curtose e assimetria pouco refletem as características da variabilidade ocorrente na área, fato confirmado pelas medidas de extremos, que apresentam os máximos valores estabelecidos, sendo que a amplitude foi da ordem de 4 pontos, ou seja, confirmou-se que a gleba apresentou pontos onde num determinado momento a lavoura estava no limpo e em outro, a lavoura apresentava-se praticamente infestada.

4.4.2 Análise de perdas de tubérculos

4.4.2.1 Estudo da variabilidade de perdas

A Tabela 14 apresenta os resultados que caracterizam as variações das perdas ocorrentes em função da operação com a Lockwood. A média de perdas foi de 3455,52 kg ha⁻¹, porém o desvio padrão é muito alto, gerando um coeficiente de variação de 158,76%, indicando que não há normalidade na distribuição dos resultados de perdas durante todo o processo operacional. Esse fato pode ser comprovado pelos resultados das medidas de tendência central, as quais diferem altamente entre si, reforçando a não representatividade da média, pois a moda é igual a zero e a mediana igual a 1977,60 kg ha⁻¹.

Tabela 14 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Lockwood 4620.

DESCRIÇÃO	PERDAS (kg ha ⁻¹)
Média	3455,52
Mediana	1977,60
Moda	0,00
Desvio padrão	5486,07
CV %	158,76
Curtose	29,59
Assimetria	4,82
Intervalo	40690,00
Mínimo	0,00
Máximo	40690,00

O gráfico da distribuição de freqüência (Figura 19) destaca a alta concentração de resultados de perdas na coluna entre zero e 4521,1 kg ha⁻¹ de perdas de tubérculos.

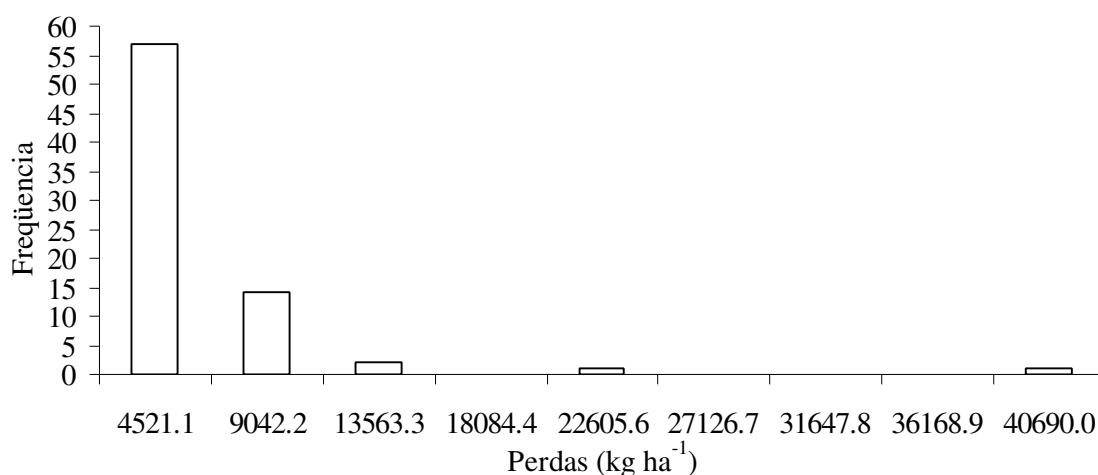


Figura 19 – Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.

4.4.2.2 Estudo da variabilidade de perdas

Procurando entender a distribuição espacial da variabilidade de perdas de tubérculos, a análise do semivariograma apresentado na Figura 20 mostra que em decorrência da distribuição espacial dos pontos amostrados para um distância de 13 metros, não ocorreu dependência espacial dos dados, não sendo possível ajustar nenhum modelo de equação que representasse o fenômeno.

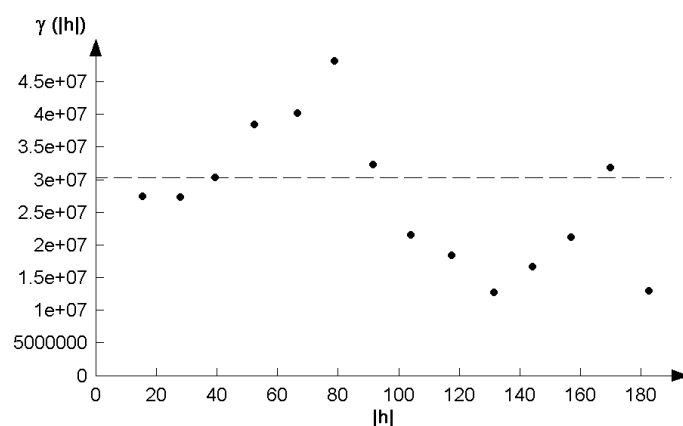


Figura 20 – Semivariograma dos resultados de perdas.

Dessa forma, não é possível mapear a distribuição de perdas utilizando os recursos de interpolação, no entanto, através da estratificação dos resultados, conforme Tabela 15, é possível analisar os resultados através da geração de carta de espacialização com células quadradas.

Tabela 15 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.

ESTRATO	PERDA	VALORES (kg ha ⁻¹)
1	Desprezível	< 8138,0
2	Baixa	8138,0 – 16276,0
3	Média	16276,0 – 24414,0
4	Alta	24414,0 – 32552,0
5	Muito Alta	>32552,0

Na carta de espacialização de perdas apresentada na Figura 21, é possível perceber que as áreas de altas perdas ocorreram de forma a aparecerem em três locais mais definidos da área, intercaladas por áreas onde as perdas foram consideradas desprezíveis, sendo que no lado esquerdo da área, houve concentração de perdas consideradas de média a baixa. Na faixa central, as perdas tenderam a ser na parte superior muito alta e na parte central inferior, consideradas baixa. No lado direito apresentou uma área, na parte superior, com perdas consideradas baixa.

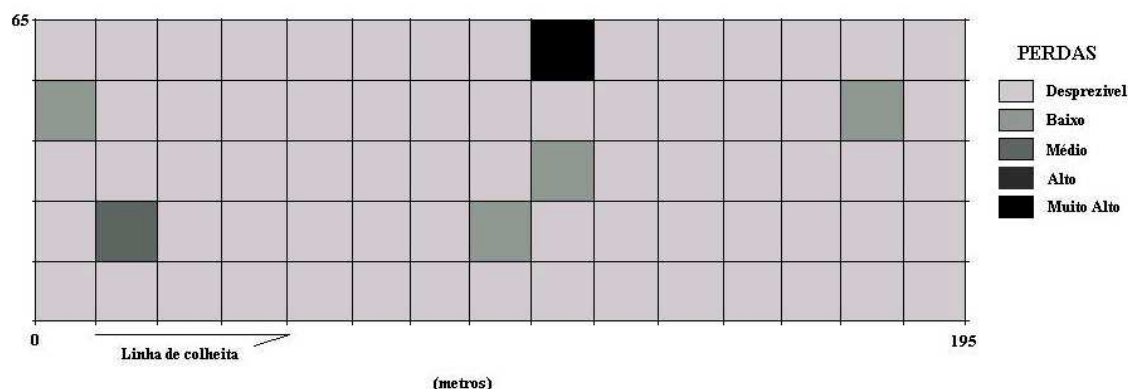


Figura 21 – Carta de espacialização de perdas com células quadradas.

O gráfico da Figura 22 destaca a distribuição percentual das perdas pela área, sendo que a grande maioria, ou seja, 93% da área, são consideradas perdas desprezíveis com valores abaixo de 8138,0 kg ha⁻¹, dentro do estrato analisado para essa colhedora.

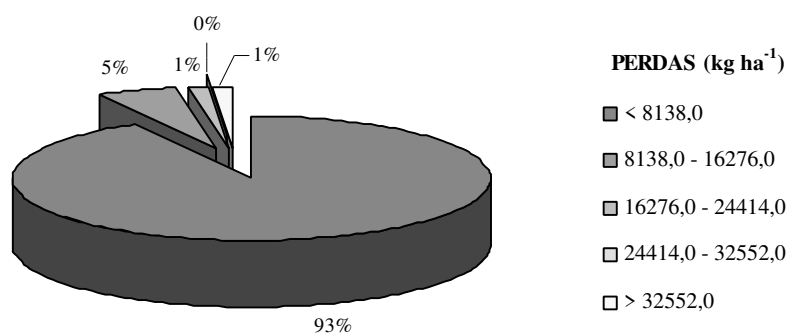


Figura 22 – Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.

4.4.3 Análise do rendimento operacional

A colhedora Lockwood 4620 operou em uma área cuja variabilidade do rendimento de tubérculos apresentou uma média de 33487,5 kg ha⁻¹, com um coeficiente de variação da ordem de 29,90%. Analisando a Tabela 14, podemos perceber que estas variações foram de um valor mínimo de 8187,5 kg ha⁻¹ até um máximo de 57500,0 kg ha⁻¹, o que leva a reconhecer que em certos momentos a taxa de alimentação da colhedora aumentou ou diminuiu instantaneamente da ordem de até 7 vezes, considerando também nessa área a questão do aparecimento de torrão por metro quadrado, conforme os dados da Tabela 13.

A Tabela 16 apresenta as características operacionais da colhedora para este trabalho e os resultados de Capacidade de Campo e Capacidade Efetiva, conseqüentemente obtendo-se o valor de Eficiência de Campo.

Tabela 16 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Lockwood 4620.

DESCRIÇÃO	RESULTADOS
Largura de corte (m)	1,60
Velocidade de operação (km h ⁻¹)	3,12
Tempo efetivo de campo (min)	25,17
Área trabalhada (m ²)	1456
Capacidade Teórica (ha h ⁻¹)	0,4992
Capacidade Efetiva (ha h ⁻¹)	0,3474
Eficiência de Campo (%)	69,59

Através da largura de corte e da velocidade média de trabalho (3,12 km h⁻¹), gerou-se a Capacidade Teórica (0,4992 ha h⁻¹). Através da área da malha onde a colhedora operou e o tempo efetivo para operar em toda a área, gerou-se a Capacidade Efetiva, que foi de 0,3474 ha h⁻¹. A partir desses valores, determinou-se a relação entre a Capacidade Efetiva pela Capacidade Teórica, gerando a Eficiência de Campo para a colhedora, que foi de 69,59%.

4.5 Considerações sobre o desempenho da colhedora AVR

4.5.1 Características da lavoura – área 4

Antes do início da operação com a colhedora AVR, desenvolveram-se trabalhos no sentido de caracterizar a variabilidade ocorrente na área, sobre os fatores que a equipe considerou de importância para a caracterização das condições em que essa máquina iria operar. A Tabela 17 apresenta o resultado da estatística descritiva para os indicadores avaliados na área 4.

Tabela 17 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 4.

DESCRIÇÃO	INDICADORES					
	RSP* (kg cm ⁻²)	Altura de leira (cm)	Nota leira (0 – 5)	Nota mato (0 – 5)	Torrão (nº)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Média	44,75	19,02	4,33	3,79	0,41	32841,67
Mediana	43,00	19,50	4,00	4,00	0,00	32125,00
Moda	40,00	20,00	5,00	4,00	0,00	22062,50
Desvio padrão	7,74	2,38	0,72	0,81	0,66	9877,00
CV %	17,29	12,51	16,68	21,40	159,56	30,07
Curtose	-0,64	1,15	0,21	-0,42	2,60	-0,03
Assimetria	0,53	-0,94	-0,83	-0,21	1,64	0,21
Amplitude	30,00	13,00	3,00	3,00	3,00	50687,50
Mínimo	30,00	11,00	2,00	2,00	0,00	7250,00
Máximo	60,00	24,00	5,00	5,00	3,00	57937,50

* Resistência Máxima do Solo à Penetração até a profundidade de 0,35 metros.

Com relação á RSP, a área se mostrou relativamente uniforme com um desvio padrão relativamente baixo, resultando num coeficiente de variação de 17,29%, sendo que as medidas de tendência central mostraram que a maioria dos resultados determinados estavam em torno de 44,75 kg cm⁻². No intuito de minimizar os efeitos da RSP, a equipe optou pela prática de irrigação para iniciar as operações, baixando a média para 39,87 kg cm⁻². A área apresentou uma distribuição caracterizada por uma curtose aproximando-se de zero, tendendo concentrar os dados em torno da média, atendendo a normalidade, fato esse comprovado pela relativa proximidade entre os valores de medidas de tendência central (média, moda e mediana).

Para as análises de indicadores de altura da leira, os resultados mostram que a área apresentava-se uniforme, com um desvio padrão baixo, resultando num coeficiente de variação da ordem de 12,51%. Esse valor mostra as pequenas diferenças entre a moda, mediana e média, cujos valores ficaram em 19,50 cm. A variabilidade na distribuição dos valores para altura de leira foi estatisticamente considerada normal, visto a semelhança entre as medidas de tendência central. Os valores que representam os extremos, apresentam uma relativa diferença, resultando em uma amplitude de 13 cm. Essas variações de altura de leira podem ter contribuído para um baixo desempenho da máquina.

A análise da ocorrência de variabilidade para as condições estruturais das leiras resultaram em uma distribuição, propiciando um coeficiente de variação de 16,68%, havendo certa semelhança entre as medidas de tendência central (média, moda e mediana), sendo que

na média, a lavoura apresentou-se bem formada, com número correto de hastes vigorosas e ausência de batatas descobertas. Os valores extremos, refletem uma variação relativamente baixa na área, principalmente se considerada a amplitude com valor de 3 pontos.

Com relação à presença de mato como fator contribuinte para aumentar a probabilidade de insucesso operacional, a análise de distribuição mostrou uma área relativamente regular, com coeficiente de variação da ordem de 21,40%, sendo as medidas de tendência central (média, moda e mediana) semelhantes. Os coeficientes de curtose e assimetria apresentam-se relativamente baixos, ou seja, os dados se concentram em torno da média. As medidas de extremos confirmam uma uniformidade da área para a presença de mato na área, sendo que a amplitude foi da ordem de 3 pontos

4.5.2 Análise de perdas de tubérculos

4.5.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais

A Tabela 18 apresenta os resultados que caracterizam as variações das perdas ocorrentes em função da operação com a colhedora AVR. A média de perdas calculada foi de 144,98 kg ha⁻¹, porém o desvio padrão apresentou-se extremamente alto, fato esse que gera um coeficiente de variação de 194,16%, indicando que não há normalidade na distribuição dos resultados de perdas durante todo o processo operacional. Esse fato é comprovado pelos resultados das medidas de tendência central, as quais diferem altamente entre si, reforçando a não representatividade da média, pois a moda e a mediana são iguais a zero.

Tabela 18 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora AVR.

DESCRIÇÃO	PERDAS (kg ha ⁻¹)
Média	144,98
Mediana	0,00
Moda	0,00
Desvio padrão	281,49
CV %	194,16
Curtose	6,28
Assimetria	2,54
Intervalo	1310,40
Mínimo	0,00
Máximo	1310,40

O gráfico da distribuição de frequência (Figura 23) destaca a alta concentração de resultados de perdas na coluna entre zero e 145,6 kg.ha⁻¹ de perdas.

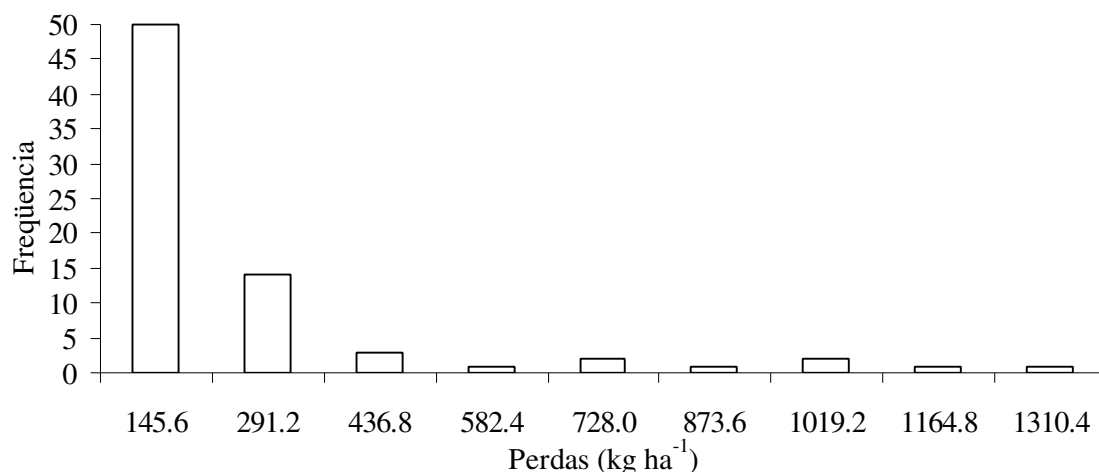


Figura 23 – Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.

4.5.2.2 Estudo da variabilidade de perdas

Procurando entender a distribuição espacial da variabilidade de perdas de tubérculos, a análise do semivariograma apresentando na Figura 24 mostra que em decorrência da distribuição espacial dos pontos amostrados para um distância de 15 metros, não ocorreu dependência espacial dos dados, não sendo possível ajustar nenhum modelo de equação que representasse o fenômeno.

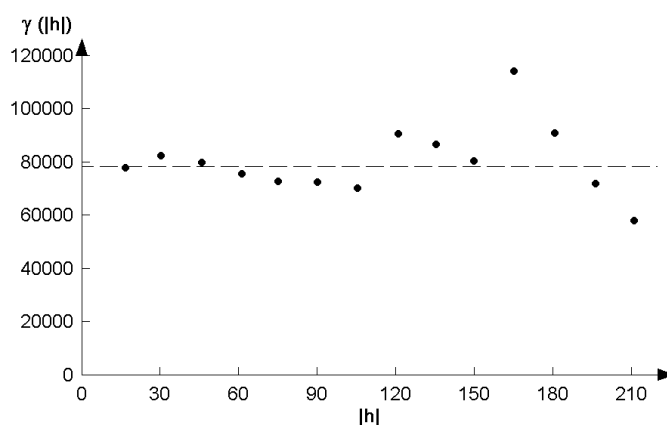


Figura 24 – Semivariograma dos resultados de perdas.

Assim, não foi possível mapear a distribuição de perdas utilizando os recursos de interpolação, no entanto, através da estratificação dos resultados, conforme Tabela 19, é possível analisar os resultados por meio da geração de carta de espacialização com células quadradas.

Tabela 19 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.

ESTRATO	PERDA	VALORES (kg ha ⁻¹)
1	Desprezível	< 262,08
2	Baixa	262,08 – 524,16
3	Média	524,16 – 786,24
4	Alta	786,24 – 1048,32
5	Muito Alta	> 1048,32

Na carta de espacialização de perdas apresentada na Figura 25, é possível perceber que as áreas de altas perdas ocorreram de forma a aparecerem em três locais mais definidos da área, intercaladas por áreas onde as perdas foram consideradas desprezíveis. No canto superior esquerdo da área, houve concentração de perdas consideradas de média a alta. Na faixa central, tendendo para o canto inferior esquerdo, houve concentração de perdas de média a muito alta e no lado esquerdo da área, as perdas são caracterizadas de baixa a desprezível.

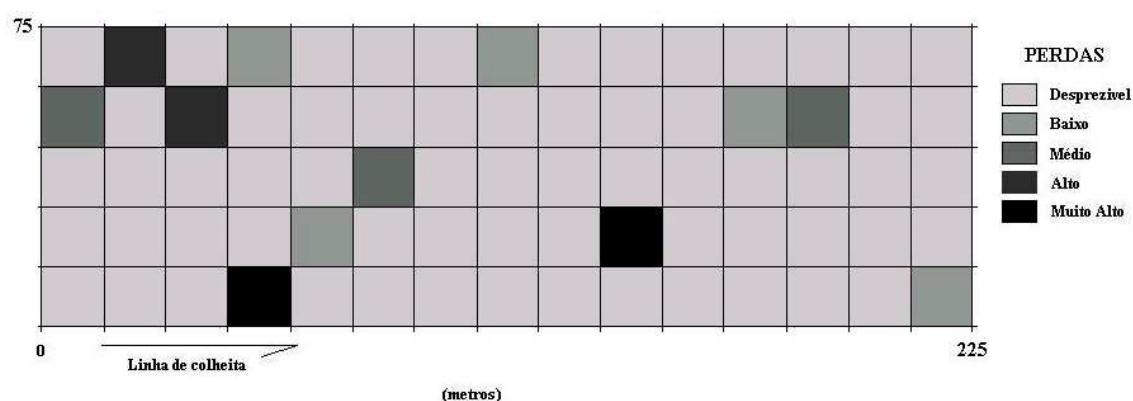


Figura 25 – Carta de espacialização de perdas com células quadradas.

O gráfico da Figura 26 apresenta a distribuição percentual das perdas pela área nos estratos analisados, sendo que a grande maioria da área, ou seja, 93% são consideradas perdas desprezíveis com valores abaixo de 262,08 kg ha⁻¹.

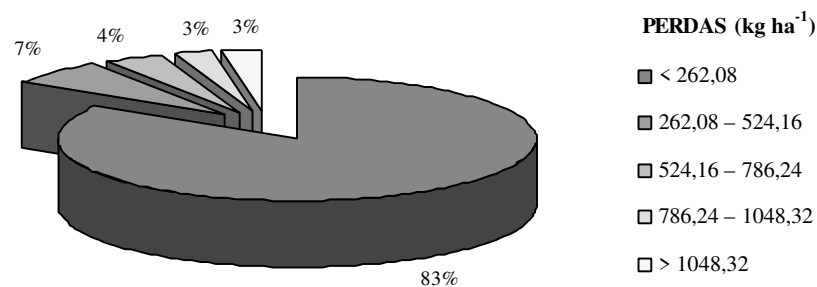


Figura 26 – Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.

4.5.3 Análise do rendimento operacional

A colhedora AVR operou em uma área cuja variabilidade do rendimento de tubérculos apresentou uma média de 32841,67 kg ha⁻¹, com um coeficiente de variação da ordem de 30,07%. Analisando a Tabela 18, pode-se perceber que estas variações foram de um valor mínimo de 7250,0 kg ha⁻¹ até um máximo de 57937,5 kg ha⁻¹, o que leva a reconhecer que em certos momentos a taxa de alimentação da colhedora aumentou ou diminuiu instantaneamente da ordem de até 8 vezes, considerando também nessa área a questão do aparecimento de torrão por metro quadrado, conforme os dados da Tabela 17.

A Tabela 20 apresenta as características operacionais da colhedora para este trabalho e os resultados de Capacidade de Campo, Capacidade Efetiva e Eficiência de Campo.

Tabela 20 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora AVR.

DESCRIÇÃO	RESULTADOS
Largura de corte (m)	1,60
Velocidade de operação (km h ⁻¹)	2,93
Tempo efetivo de campo (min)	30,50
Área trabalhada (m ²)	1680
Capacidade Teórica (ha h ⁻¹)	0,4688
Capacidade Efetiva (ha h ⁻¹)	0,3305
Eficiência de Campo (%)	70,50

Através da largura de corte e da velocidade média de trabalho ($2,93 \text{ km h}^{-1}$), gerou-se a Capacidade Teórica que foi de $0,4688 \text{ ha h}^{-1}$. Através da área da malha onde a colhedora operou e o tempo efetivo para operar em toda a área, gerou-se a Capacidade Efetiva, que foi de $0,3305 \text{ ha h}^{-1}$. A partir destes valores, determinou-se a relação entre a Capacidade Efetiva pela Capacidade Teórica, gerando a Eficiência de Campo para a colhedora, que foi de 70,50%.

4.6 Considerações sobre o desempenho da colhedora Grimme DL 1500

4.6.1 Características da lavoura – área 5

Antes de iniciar a operação com a colhedora Grimme DL 1500, empreendeu-se ações no sentido de caracterizar a variabilidade ocorrente na área, sobre fatores que a equipe considerou relevante para a caracterização das condições em que essa máquina iria operar. A Tabela 21 apresenta os resultados da estatística descritiva para os indicadores avaliados na área 5.

Tabela 21 – Caracterização da estatística descritiva dos indicadores avaliados na área 5.

DESCRIÇÃO	INDICADORES					
	RSP* (kg cm^{-2})	Altura de leira (cm)	Nota leira (0 – 5)	Nota mato (0 – 5)	Torrão (n°)	Rendimento (kg ha^{-1})
Média	44,35	19,26	4,16	3,33	0,41	33077,50
Mediana	42,00	20,00	4,00	3,00	0,00	33125,00
Moda	40,00	20,00	4,00	3,00	0,00	29125,00
Desvio padrão	8,14	2,08	0,74	0,99	0,68	9666,77
CV %	18,35	10,80	17,69	29,73	164,44	29,22
Curtose	-0,22	-0,16	4,06	-0,71	2,37	0,68
Assimetria	0,55	-0,84	-1,31	0,05	1,65	0,19
Amplitude	32,00	8,50	4,00	4,00	3,00	50750,00
Mínimo	28,00	14,00	1,00	1,00	0,00	6750,00
Máximo	60,00	22,50	5,00	5,00	3,00	57500,00

* Resistência Máxima do Solo à Penetração até a profundidade de 0,35 metros.

Com relação à RSP, a área mostrou-se relativamente uniforme com um desvio padrão relativamente baixo, resultando num coeficiente de variação da ordem de 18,35%, sendo que as medidas de tendência central mostraram que a maioria dos resultados determinados estavam

em torno de $44,35 \text{ kg cm}^{-2}$. A equipe optou por irrigar a área para iniciar as operações de colheita, sendo que a média baixou para $39,0 \text{ kg cm}^{-2}$. A área apresentou uma distribuição caracterizada por uma curtose aproximando-se de zero, tendendo concentrar os dados em torno da média, atendendo a normalidade, fato esse comprovado pela relativa proximidade entre os valores de medidas de tendência central (média, moda e mediana).

Para as análises de indicadores envolvendo altura da leira, os resultados mostram que a área apresentava-se uniforme, com um desvio padrão baixo, resultando num coeficiente de variação da ordem de 10,8%. Esse valor mostra as pequenas diferenças entre a moda, mediana e média, cujos valores ficaram em torno de 20 cm. A variabilidade na distribuição dos valores para altura de leira foi estatisticamente considerada normal, visto que o coeficiente de curtose é relativamente baixo, ou seja, perto de zero. Os valores que representam os extremos também apresentam pequenas diferenças, resultando uma amplitude de 8,5 cm. Essas pequenas variações de altura de leira foram, possivelmente, absorvidas pela flexibilidade da regulagem na máquina, o que não interferiu no desempenho operacional.

A análise da ocorrência de variabilidade para as condições estruturais das leiras sob a ótica do avaliador resultaram em uma distribuição, cujo desvio padrão foi relativamente baixo, propiciando um coeficiente de variação da ordem de 17,69%, fato esse confirmado pelos valores semelhantes para as medidas de tendência central (média, moda e mediana), sendo que na média, a lavoura apresentou-se bem formada, com número correto de hastes vigorosas e ausência de batatas descobertas. Porém o coeficiente de curtose e assimetria confirmam certa variabilidade da área em relação a qualidade da leira. Os valores extremos refletem essa variação, principalmente se considerada a amplitude com valor de 4 pontos.

Com relação à presença de mato como fator contribuinte para aumentar a probabilidade de insucesso operacional, a análise de distribuição mostrou uma área relativamente irregular, com coeficiente de variação da ordem de 29,73%, apesar das medidas de tendência central (média, moda e mediana) se mostrarem semelhantes. Os coeficientes de curtose e assimetria pouco refletem as características da variabilidade ocorrente na área, fato confirmado pelas medidas de extremos, sendo que a amplitude foi da ordem de 4 pontos, ou seja, confirmou-se que a gleba apresentou pontos onde num determinado momento, a lavoura estava no limpo e em outro, a lavoura apresentava-se praticamente infestada.

4.6.2 Análise de perdas de tubérculos

4.6.2.1 Estudo das variações ocorrentes nas perdas operacionais

A Tabela 22 apresenta os resultados que caracterizam as variações das perdas ocorrentes em função da operação com a colhedora Grimme DL 1500. A média de perdas calculada foi de 1091,31 kg ha⁻¹, porém o desvio padrão apresentou-se extremamente alto, fato esse que gera um coeficiente de variação da ordem de 169,94%, indicando que não há normalidade na distribuição dos resultados de perdas durante todo o processo operacional, o que se comprova pelos resultados das medidas de tendência central, as quais diferem altamente entre si, reforçando a não representatividade da média, pois a moda foi igual a zero e a mediana igual a 150,5 kg ha⁻¹ de perdas.

Tabela 22 – Resultado da análise da estatística descritiva das perdas para a colhedora Grimme DL 1500.

DESCRIÇÃO	PERDAS (kg ha ⁻¹)
Média	1091,31
Mediana	150,50
Moda	0,00
Desvio padrão	1854,61
Curtose	3,94
Assimetria	2,09
Intervalo	7815,50
Mínimo	0,00
Máximo	7815,50
CV %	169,94

O gráfico da distribuição de frequência (Figura 27) destaca a alta concentração de resultados de perdas na coluna entre zero e 868,4 kg ha⁻¹ de perdas.

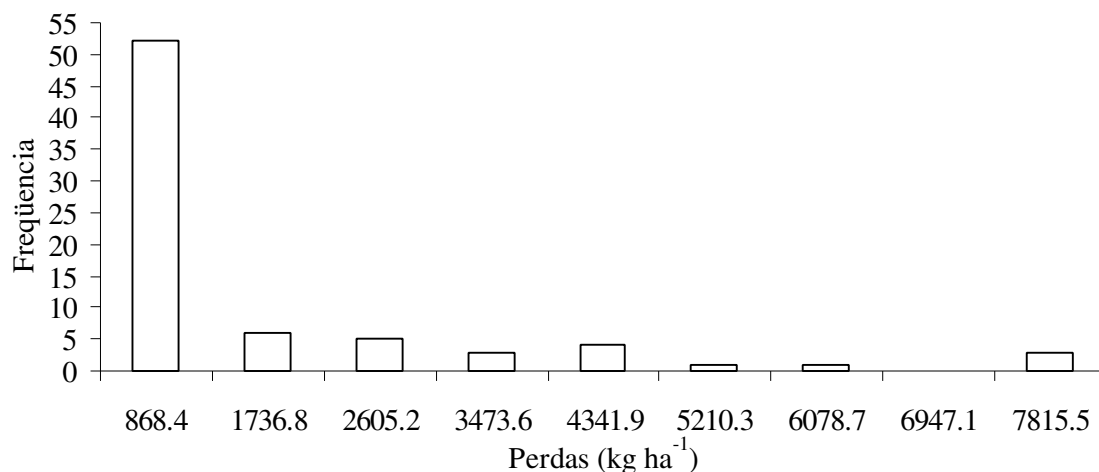


Figura 27 – Distribuição de frequência para os resultados de perdas de tubérculos.

4.6.2.2 Estudo da variabilidade de perdas

Procurando entender a distribuição espacial da variabilidade de perdas de tubérculos, a análise do semivariograma apresentando na Figura 28 mostra que em decorrência da distribuição espacial dos pontos amostrados para uma distância de 15 metros, não foi detectado dependência espacial dos dados, não sendo possível ajustar nenhum modelo de equação que representasse o fenômeno.

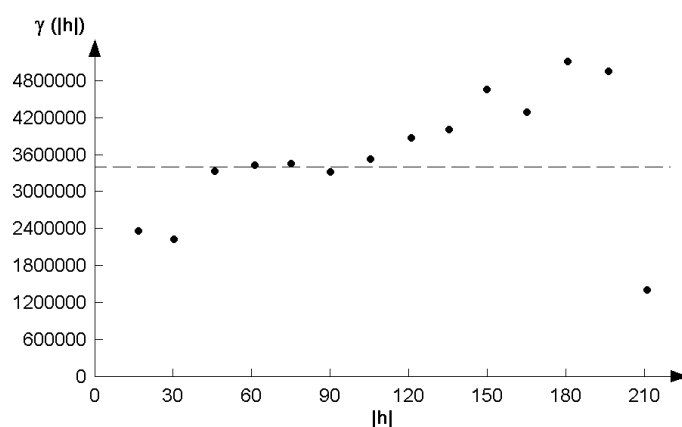


Figura 28 – Semivariograma dos resultados de perdas.

Assim, não foi possível mapear a distribuição de perdas utilizando os recursos de interpolação, no entanto, através da estratificação dos resultados, conforme Tabela 23, é

possível analisar os resultados através da geração de carta de espacialização com células quadradas.

Tabela 23 – Diretrizes para a estratificação dos resultados de perdas de tubérculos.

ESTRATO	PERDA	VALORES (kg ha ⁻¹)
1	Desprezível	< 1563,1
2	Baixa	1563,1 – 3126,2
3	Média	3126,2 – 4689,3
4	Alta	4689,3 – 6252,4
5	Muito Alta	> 6252,4

Na carta de espacialização de perdas apresentada na Figura 29, é possível perceber que as áreas de altas perdas ocorreram de forma a aparecerem em dois locais mais definidos da área, sendo que o restante da área é caracterizada por perdas consideradas desprezíveis. No canto superior esquerdo da área, houve grande concentração de perdas consideradas de média a muito alta. No canto superior direito da área, as perdas são caracterizadas de médio a baixa, sendo que em toda a parte inferior da área as perdas foram consideradas desprezíveis.

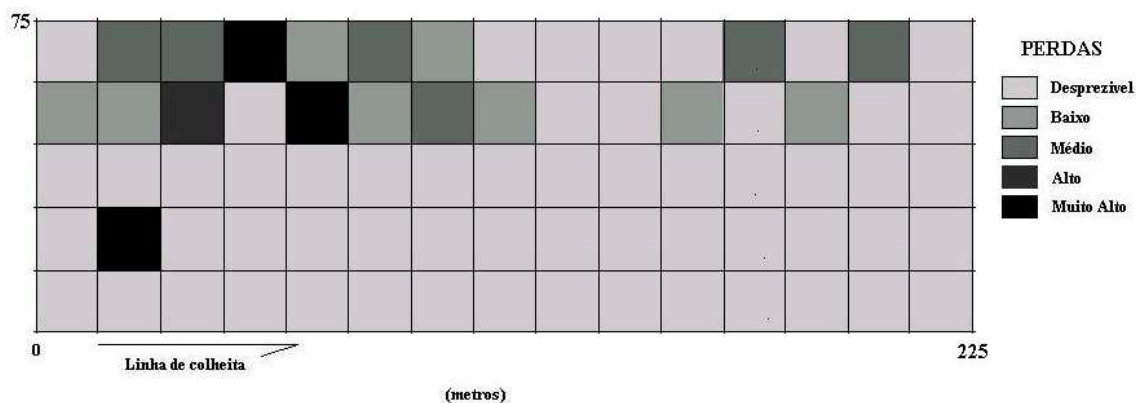


Figura 29 – Carta de espacialização de perdas com células quadradas.

O gráfico da Figura 30 apresenta a distribuição percentual das perdas pela área nos estratos analisados, sendo que a grande maioria da área, ou seja, 76% são consideradas perdas desprezíveis com valores abaixo de 1563,1 kg ha⁻¹.

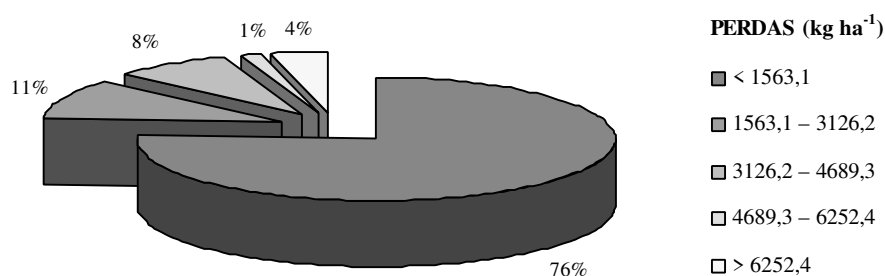


Figura 30 – Distribuição percentual das perdas nos estratos em estudo.

4.6.3 Análise do rendimento operacional

A colhedora Grimme DL 1500 operou em uma área cujo rendimento de tubérculos apresentou uma média de 33077,5 kg ha⁻¹, com um coeficiente de variação da ordem de 29,22%. Analisando a Tabela 25, pode-se perceber que essas variações foram de um valor mínimo de 6750 kg ha⁻¹ até um máximo de 57500 kg ha⁻¹, o que leva a reconhecer que em certos momentos a taxa de alimentação da colhedora aumentou ou diminuiu instantaneamente da ordem de até 8,5 vezes, considerando também nesta área a questão do aparecimento de torrão por metro quadrado, conforme os dados da Tabela 22.

A Tabela 25 apresenta as características operacionais da colhedora para este trabalho e os resultados de Capacidade de Campo e Capacidade Efetiva, conseqüentemente obtendo-se o valor de Eficiência de Campo.

Tabela 24 – Características de operação para determinação da capacidade teórica e efetiva da colhedora Grimme DL 1500.

DESCRIÇÃO	RESULTADOS
Largura de corte (m)	1,60
Velocidade de operação (km h ⁻¹)	3,22
Tempo efetivo de campo (min)	25,43
Área trabalhada (m ²)	1680
Capacidade Teórica (ha h ⁻¹)	0,5152
Capacidade Efetiva (ha h ⁻¹)	0,3963
Eficiência de Campo (%)	76,92

Através da largura de corte e da velocidade média de trabalho (3,22 km h⁻¹), gerou-se a Capacidade Teórica que foi de 0,5152 ha h⁻¹. Através da área da malha onde a colhedora operou e o tempo efetivo para operar em toda a área, gerou-se a Capacidade Efetiva, que foi

de 0,3963 ha h⁻¹. A partir desses valores, determinou-se a relação entre a Capacidade Efetiva pela Capacidade Teórica, gerando a Eficiência de Campo para a colhedora de 76,92%.

4.7 Avaliação do desempenho operacional na ótica de bataticultores

Com a intenção de facilitar a compreensão, o resultado referente ao quesito julgado para cada máquina estará sendo apresentado em forma de distribuição percentual do número de notas obtidas, bem como na forma de somatória total de pontos.

4.7.1 Considerações sobre facilidade de Transporte / Locomoção

Esse quesito considerado de grande importância prática para os bataticultores procurou expressar a versatilidade do projeto da máquina, no que se refere a facilitar o desempenho operacional das atividades de transporte e locomoção, principalmente na mudança de áreas a longas distâncias, uma característica marcante do bataticultor nacional.

A Figura 31 contém a distribuição percentual comparativa para as cinco máquinas avaliadas. Destaca-se a colhedora Lockwood 4620, que obteve 84% de notas 1, ou seja, na ótica dos bataticultores, essa máquina comparativamente com as demais, apresenta grandes dificuldades para transporte / locomoção. Isso se justifica em função da máquina analisada apresentar dimensões visualmente superiores às demais. Estas características impõem dificuldades para locomoção da mesma, necessitando para tanto o uso de carreta de transporte especial e batedores quando trafegar em áreas externas à propriedade.

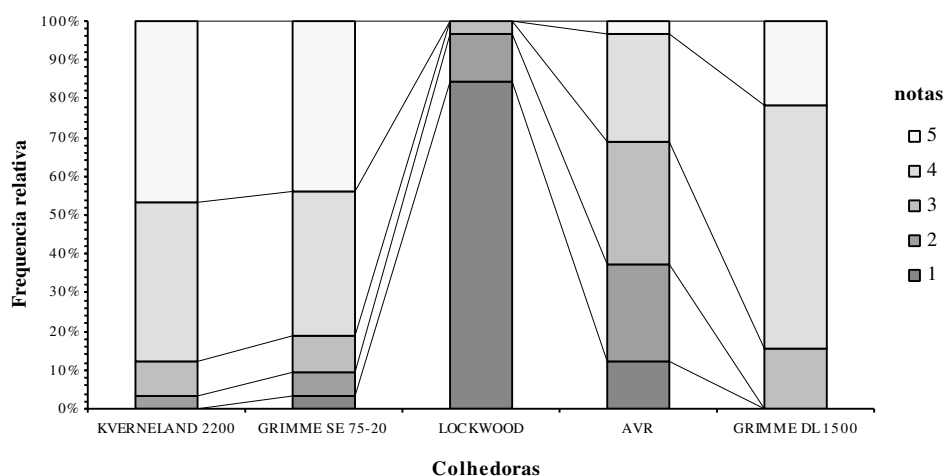


Figura 31 – Comparação entre as colhedoras para o item Facilidade de Transporte / Locomoção.

A Figura 31 realça a baixa pontuação obtida pela colhedora Lockwood. Ainda com relação às questões ligadas à distribuição percentual e somatório de valores resultantes de nota 1, é pertinente realçar que a colhedora AVR obteve esta nota em 13% do total de escores, o que equivale a aproximadamente 90 pontos totalizados. As demais máquinas apresentam percentuais desprezíveis de nota 1. A colhedora AVR apresentou uma distribuição praticamente uniforme com relação às notas 2, 3 e 4. Destaca-se a baixa distribuição percentual (3%) para a nota 5. Contrapondo a essas notas, as colhedoras Grimme SE 75-20 e Kverneland UN 2200 obtiveram em torno de 45% de notas 5, e a colhedora Grimme DL 1500 apresentou 62% de notas 4. Através da Figura 32, podemos avaliar a pequena diferença entre as máquinas Kverneland UN 2200 e Grimme SE 75-20, com ligeira vantagem para a colhedora Kverneland UN 2200.

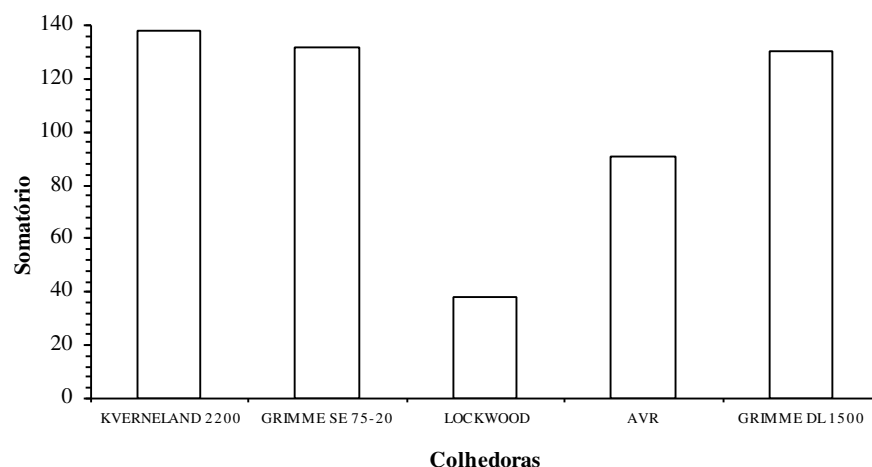


Figura 32 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Transporte/Locomoção.

4.7.2 Considerações sobre Facilidade de Acoplamento

Esse quesito foi caracterizado de importância para os trabalhos voltados junto aos operadores, levando em consideração o número de pessoas necessárias, tanto para o engate da máquina quanto para o sistema hidráulico.

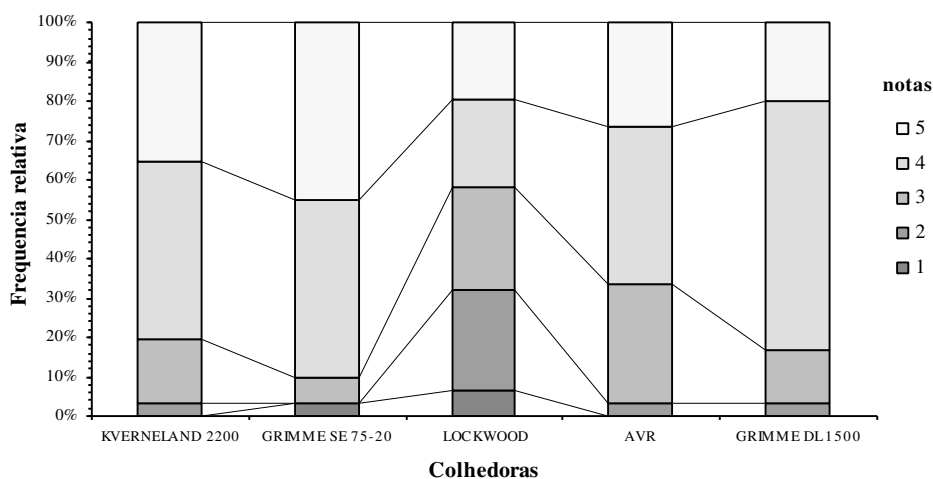


Figura 33 – Comparação entre as colhedoras para o item facilidade de acoplamento.

A Figura 33 apresenta a distribuição percentual comparativa para as cinco máquinas, sendo que a colhedora Grimme SE 75-20 se destaca com relação às notas 4 e 5, totalizando

91% do total. As colhedoras Kverneland UN 2200, AVR e Grimme DL 1500 se destacam por não apresentarem avaliação com nota 1.

A Figura 34 apresenta o somatório total de notas, sendo caracterizado por um maior desempenho da colhedora Grimme SE 75-20 e menor da colhedora Lockwood 4620, para esse quesito.

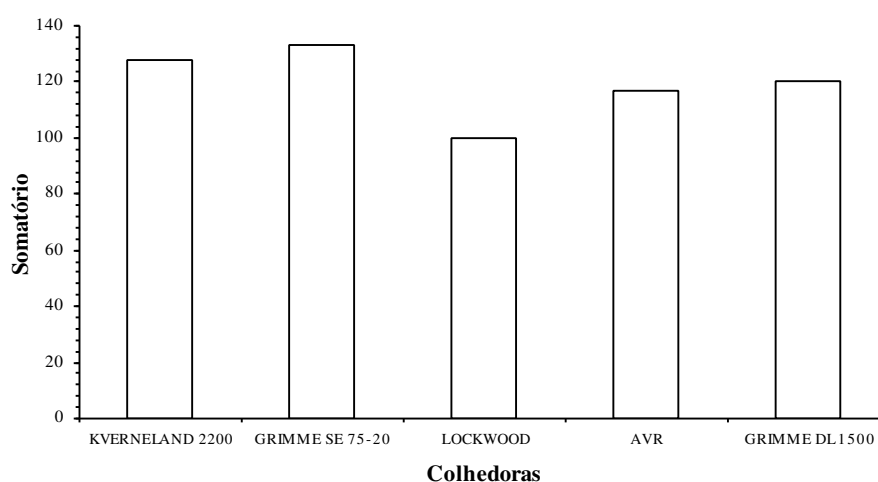


Figura 34 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Acoplamento.

4.7.3 Considerações sobre manobrabilidade

Esse quesito apresenta fundamental importância para os trabalhos de campo, no que se refere a manobras realizadas nas “cabeceiras” das áreas para alinhamento de colheita, que na cultura da batata apresenta-se de fundamental importância.

A Figura 35 apresenta a distribuição percentual comparativa das notas para as cinco colhedoras. Pode-se perceber que as colhedoras AVR e Lockwood apresentam, na ótica do agricultor, baixo desempenho para esse quesito, apresentando ambas as colhedoras apenas 3% de notas 5. Destacam-se as demais colhedoras pelas maiores porcentagem de notas 4 e 5.

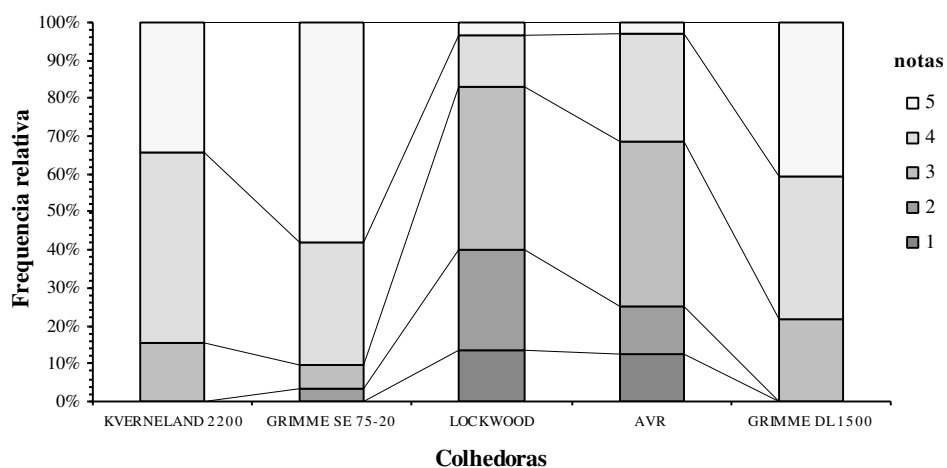


Figura 35 – Comparação entre as colhedoras para o item Manobrabilidade.

A Figura 36 destaca a pontuação total, sendo visível o maior desempenho da colhedora Grimme SE 75-20, seguida da colhedora Kverneland UN 2200 e Grimme DL 1500 e menor desempenho para as colhedoras AVR e Lockwood.

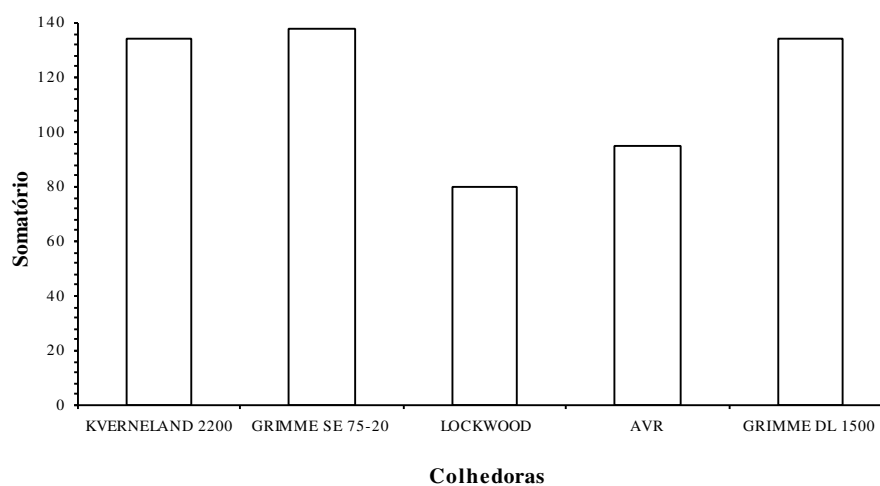


Figura 36 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Manobrabilidade.

4.7.4 Considerações sobre Facilidade de Operação

Esse quesito está relacionado com as características de projeto que cada colhedora apresenta com os seus comandos de acionamento, facilitando ao operador na sua operacionalização.

A Figura 37 apresenta a distribuição percentual comparativa das notas para as cinco colhedoras. Destaca-se a colhedora Lockwood 4620 por apresentar 58% de notas 3 e a colhedora Kverneland UN 2200 por apresentar 94% entre as notas 4 e 5. Caracteriza-se também, por todas as máquinas não receberem nota 1, sendo que o agricultor acredita não ser esse um problema para o uso dessas máquinas.

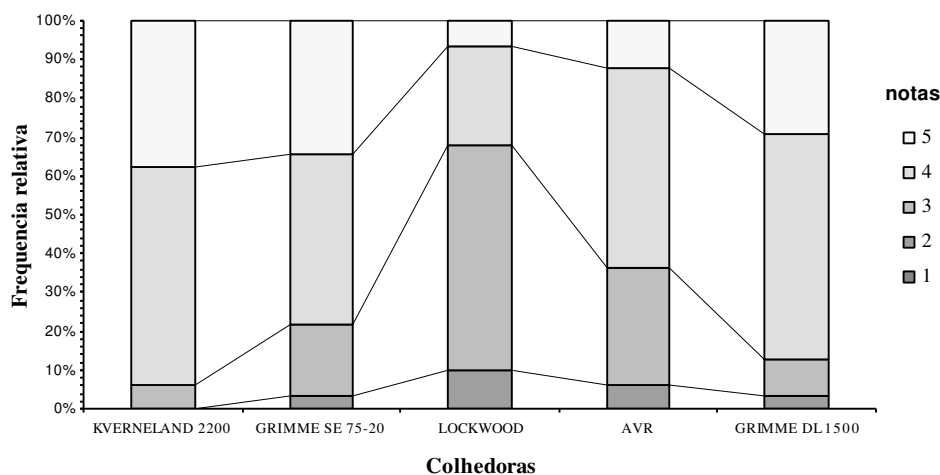


Figura 37 – Comparação entre as colhedoras para o item Facilidade de Operação.

A Figura 38 ressalta o somatório de notas apresentando o maior desempenho para a colhedora Kverneland UN 2200 e o menor para a colhedora Lockwood 4620, mas sendo caracterizado mais uma vez pela Figura 31 que o quesito Facilidade de Operação não é problema devido às altas notas recebidas pela maioria das colhedoras.

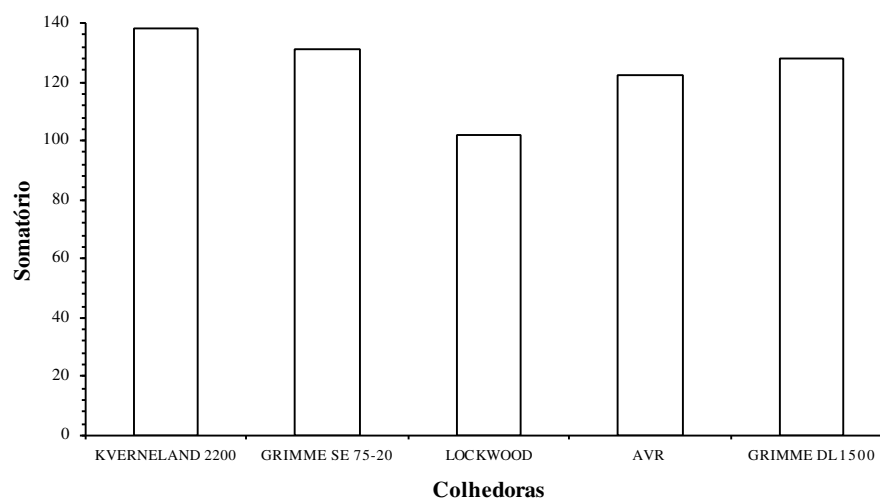


Figura 38 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Operação.

4.7.5 Considerações sobre Exigência de Tração

Esse quesito caracteriza-se pela Exigência Visual que cada colhedora apresentou para ser tracionada em condições bastante semelhantes, fato esse diretamente ligado aos indicadores de consumo, que os agricultores atribuem grande atenção.

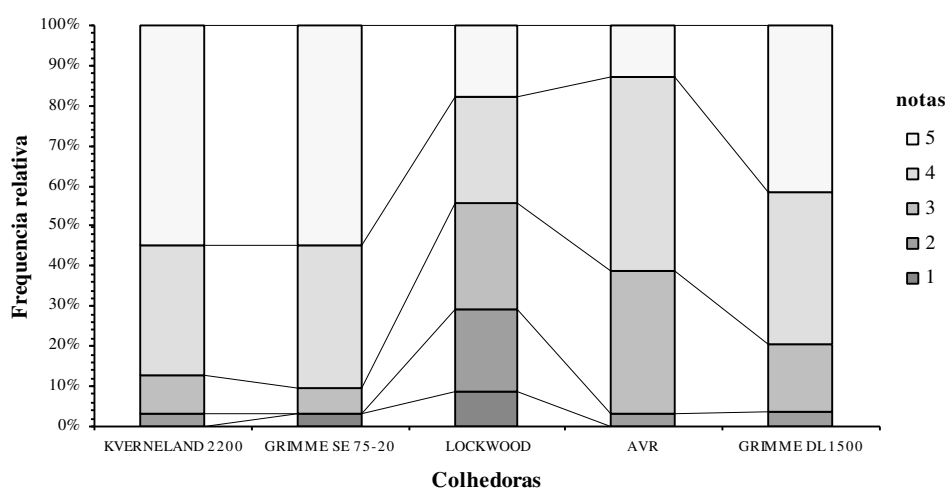


Figura 39 – Comparação entre as colhedoras para o item Exigência de Tração.

A Figura 39 destaca a grande semelhança entre as colhedoras Kverneland UN 2200 e Grimme SE 75-20. As demais colhedoras apresentaram-se semelhantes em um patamar que se apresenta maior concentração das notas 3 e 4.

A Figura 40 destaca os valores totais onde se pode visualizar a grande semelhança entre as colhedoras Kverneland UN 2200 e Grimme SE 75-20, sendo que a colhedora Lockwood 4620 apresenta-se com menor pontuação para o quesito Exigência de Tração.

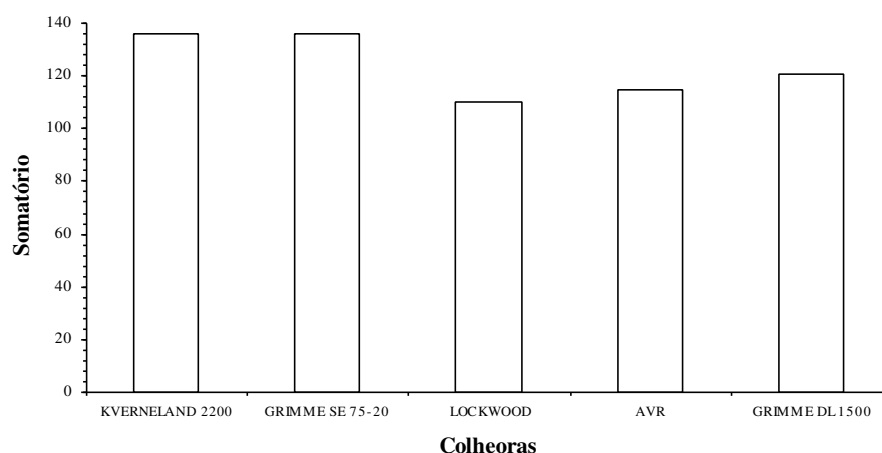


Figura 40 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Exigência de Tração.

4.7.6 Considerações sobre Deslocamento

Esse quesito está ligado ao deslocamento que cada colhedora apresenta dentro da área de trabalho em relação à sua uniformidade de velocidade de deslocamento.

A Figura 41 apresenta a distribuição percentual comparativa para as cinco máquinas avaliadas. A colhedora Lockwood 4620 destaca-se pela grande concentração de notas 3 (54%), sendo, na opinião dos agricultores, a colhedora que apresentou maior variação de velocidade na área trabalhada. Destaca-se a colhedora Grimme SE 75-20 pela alta concentração de notas 4 e 5 (86%).

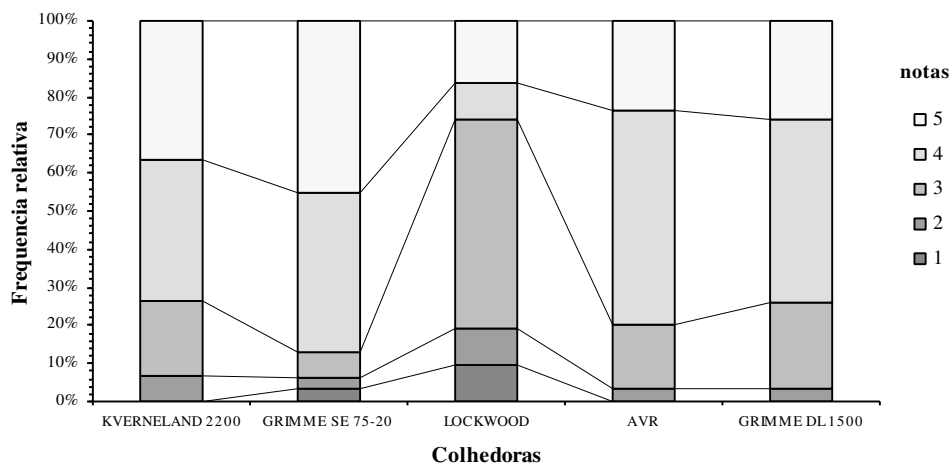


Figura 41 – Comparação entre as colhedoras para o item Deslocamento.

A Figura 42 apresenta o total de notas obtidas por cada máquina, sendo que a colhedora Grimme SE 75-20 apresentou melhor desempenho e a colhedora Lockwood 4620 menor desempenho para esse quesito, na ótica dos agricultores. As demais colhedoras apresentaram-se bastante semelhantes em relação ao somatório total de notas obtidas, aproximadamente 120 pontos.

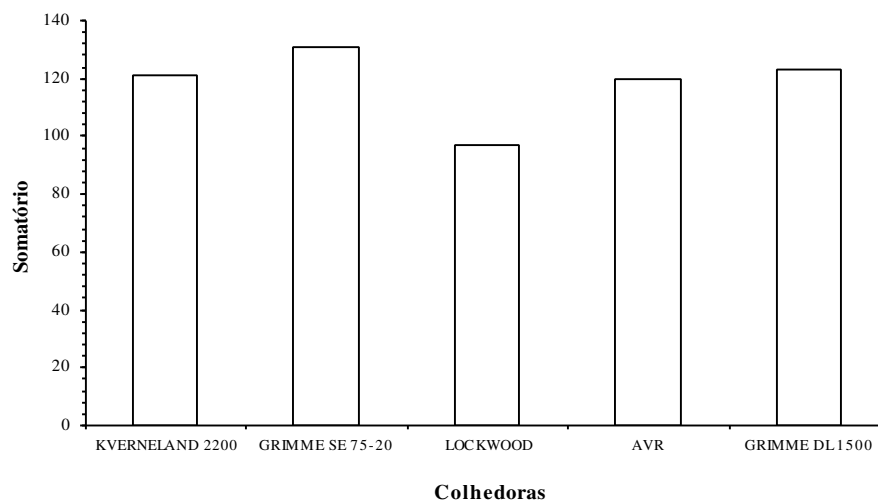


Figura 42 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Deslocamento.

4.7.7 Considerações sobre Facilidade de Regulagem

Para esse quesito, considerou-se as facilidades que cada colhedora apresentava para as regulagens a serem realizadas nas condições de lavouras brasileiras.

A Figura 43 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Destaca-se a colhedora Grimme SE 75-20, com alta concentração de notas 4 e 5 (73%). A colhedora Lockwood 4620 destaca-se pela alta concentração de notas 3 (44%).

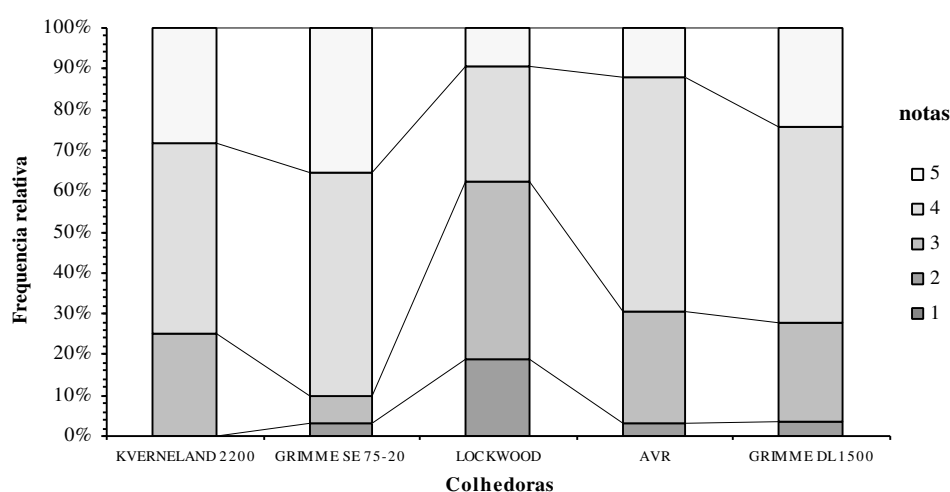


Figura 43 – Comparação entre as colhedoras para o item Facilidade de Regulagem.

A Figura 44 apresenta o somatório das notas obtidas por cada máquina, onde ressalta o menor desempenho para a colhedora Lockwood 4620 e maior desempenho da colhedora Grimme SE 75-20, seguida logo pelas colhedoras Kverneland UN 2200 e AVR.

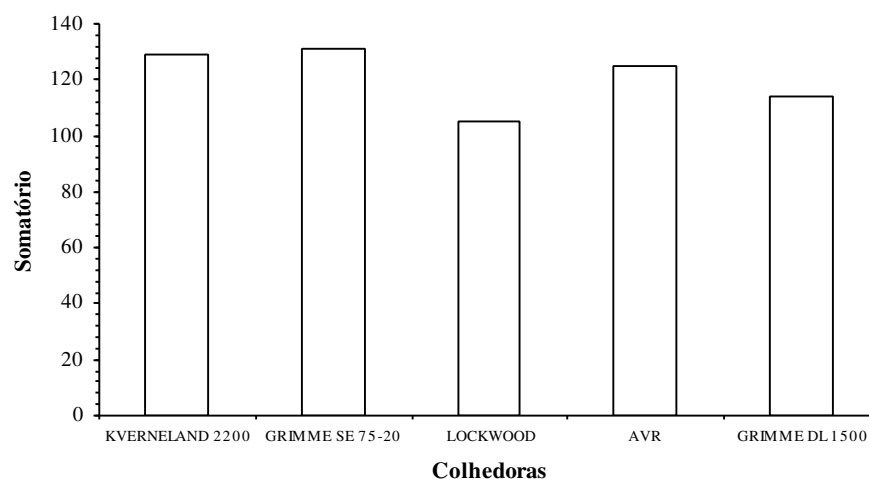


Figura 44 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Facilidade de Regulagem.

4.7.8 Considerações sobre Paradas

Esse quesito está ligado às paradas que as colhedoras apresentam dentro da área de trabalho, seja para as mudanças de regulagens ou por problemas como embuxamento por mato, por altas taxas de alimentação ou problemas de rompimento de áreas compactadas.

A Figura 45 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Na ótica dos agricultores, a colhedora que apresentou maior variação foi a Lockwood 4620 sendo visível a maior concentração de notas 2 e 3 (55%). Destaca-se a colhedora Kverneland com 74% de notas 4 e 5, ou seja, maior uniformidade de operação com relação às paradas na área trabalhada.

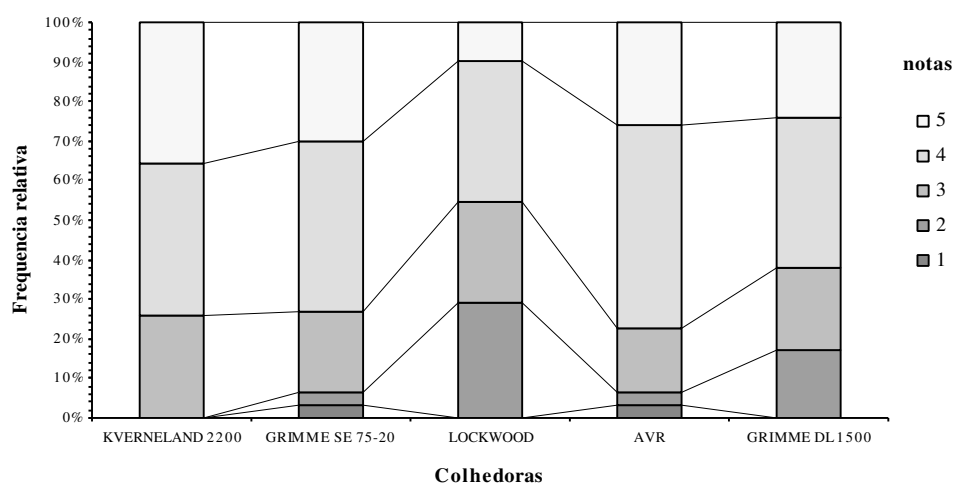


Figura 45 – Comparação entre as colhedoras para o item Paradas.

A Figura 46 mostra maior pontuação para a colhedora Kverneland UN 2200 e logo seguida pelas colhedoras Grimme SE 75-20 e AVR.

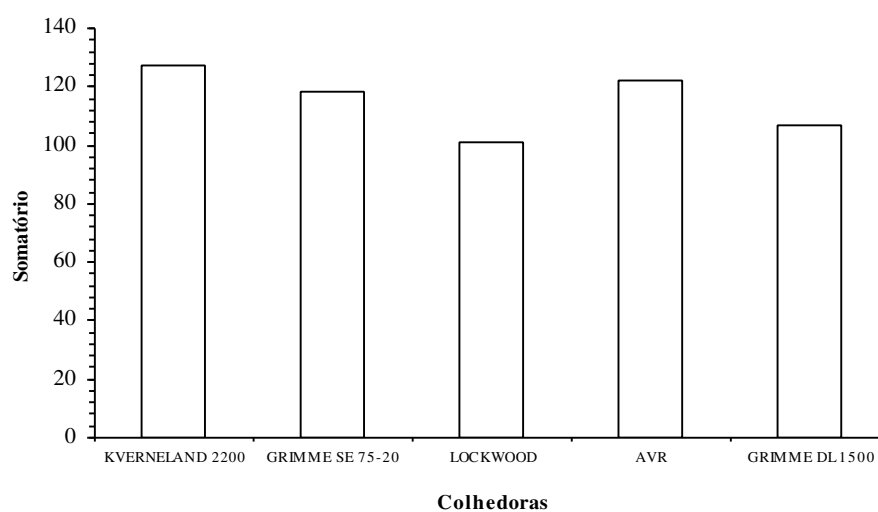


Figura 46 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Paradas.

4.7.9 Considerações Risco de Acidente

Esse quesito considera a importância que se tem em relação aos acidentes que podem ocorrer em cada máquina, principalmente em relação à exposição de órgãos ativos das colhedoras como correias, esteiras, engrenagens, entre outros que possam de alguma maneira causar acidentes aos operadores.

Na Figura 47 estão apresentados a distribuição percentual comparativa para as cinco máquinas avaliadas. Pode-se perceber a uniformidade das máquinas em relação à obtenção de notas 3 e 4, destacando-se a colhedora Grimme SE 75-20, com maior concentração de notas 5 (30%).

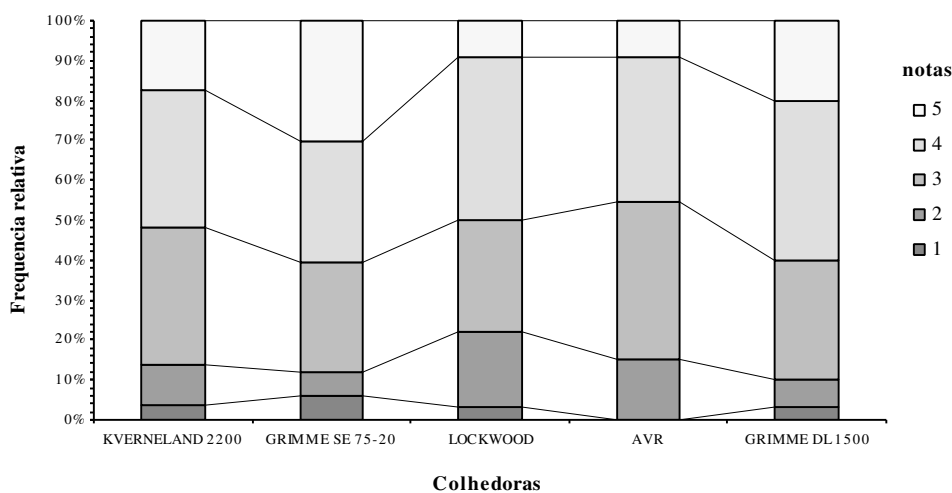


Figura 47 – Comparação entre as colhedoras para o item Risco de Acidente.

A Figura 48 apresenta o somatório total de notas obtidos para cada colhedora, visualizando o destaque de maior desempenho para a colhedora Grimme SE 75-20, fato justificado devido essa colhedora apresentar menor exposição de seus órgãos ativos, através de análise visual da equipe. As demais colhedoras apresentaram grande semelhança no total de notas obtidas, cerca de 100 pontos.

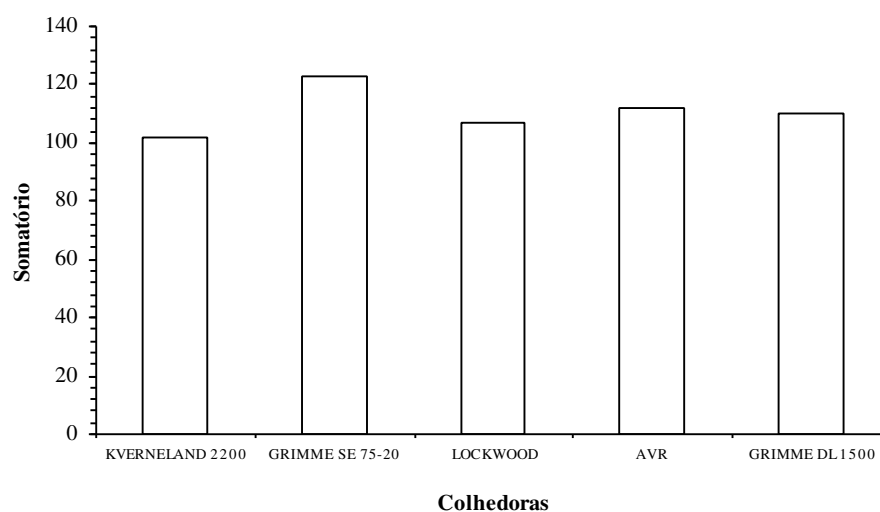


Figura 48 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Risco de Acidente.

4.7.10 Considerações sobre Praticidade de Manutenção

Esse fator é considerado de grande importância pelos agricultores, devido ao fato de serem essas máquinas bastante complexas e apresentam um considerável valor de aquisição.

A Figura 49 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Destaca-se a colhedora Grimme SE 75-20 por apresentar concentração de notas 5 (26%) e a colhedora Lockwood 4620 por apresentar concentração de notas 3 (45%).

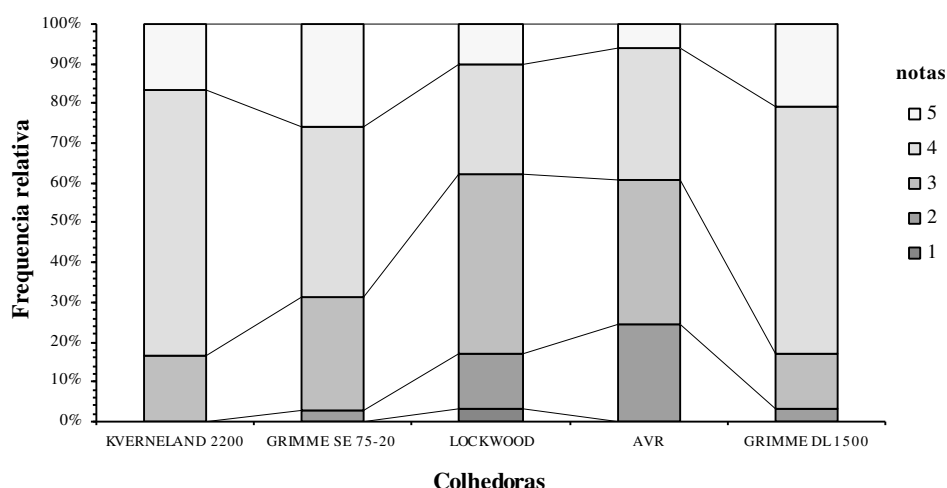


Figura 49 – Comparação entre as colhedoras para o item Praticidade de Manutenção.

A Figura 50 realça a importância da concentração de notas 5 pela colhedora Grimme SE 75-20, apresentando assim, maior pontuação total. Com relação à colhedora Lockwood 4620 e AVR, foi visível a complexidade apresentada, dificultando práticas de manutenção.

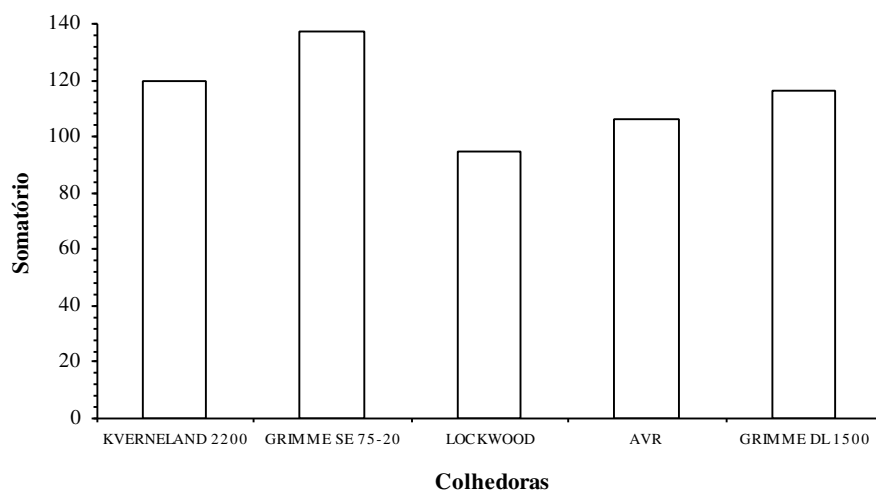


Figura 50 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Praticidade de Manutenção.

4.7.11 Considerações sobre Desgaste de Peças

Esse quesito apresenta-se de suma importância devido ao fato de que essas máquinas são todas importadas e há sérios problemas quando da quebra e necessidade de reposição.

A Figura 51 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Pode-se perceber entre as colhedoras grande uniformidade entre a distribuição de notas 3 e 4.

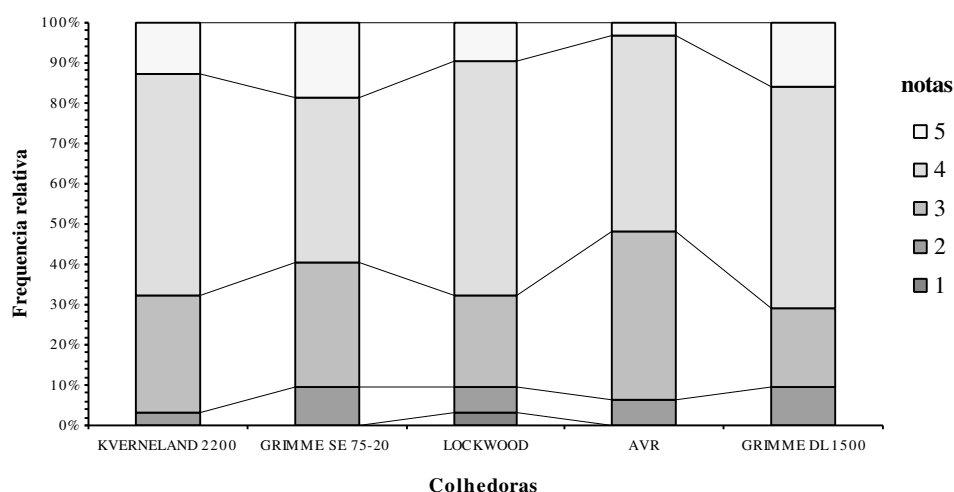


Figura 51 – Comparação entre as colhedoras para o item Desgaste de Peças.

A Figura 52 apresenta o somatório total de notas, mostrando mais uma vez a semelhança entre as notas obtidas pelas máquinas nesse quesito.

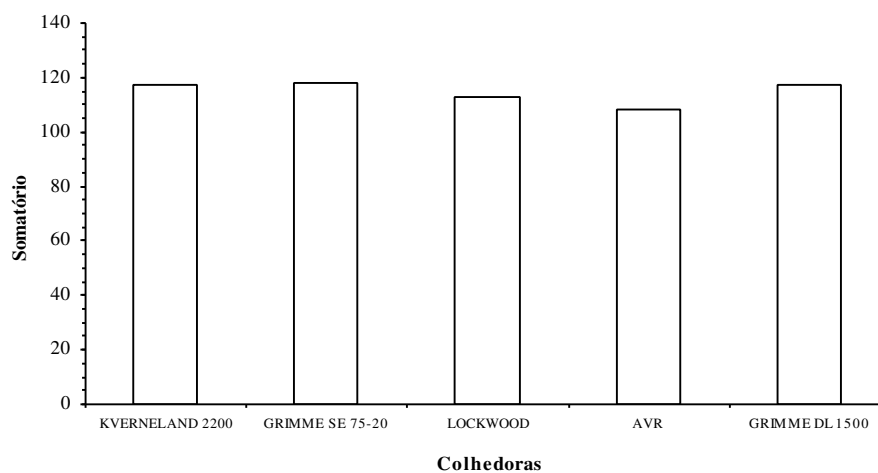


Figura 52 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Desgaste de Peças.

4.7.12 Robustez da Máquina

Para esse quesito, foi considerada a capacidade que cada colhedora visualmente apresentava em não sofrer problemas em relação às condições de operação nas lavouras com tecnologia brasileira.

A Figura 53 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Mais uma vez, destaca-se a uniformidade de obtenção de notas entre as máquinas, sendo que houve maior concentração de notas 4 para todas as máquinas neste quesito.

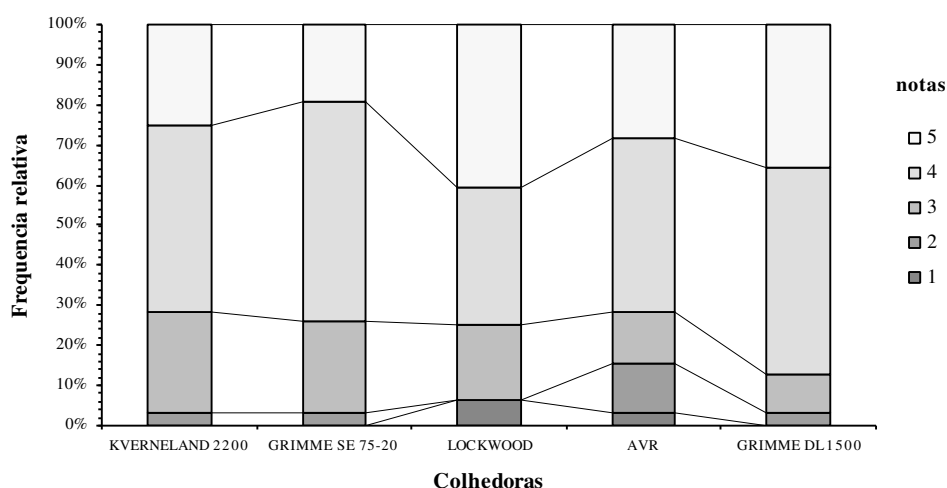


Figura 53 – Comparação entre as colhedoras para o item Robustez da Máquina.

A Figura 54 apresenta a semelhança entre as máquinas em relação ao somatório total de notas para este quesito. Vale ressaltar que na ótica dos agricultores praticamente não há diferença entre as máquinas avaliadas neste quesito.

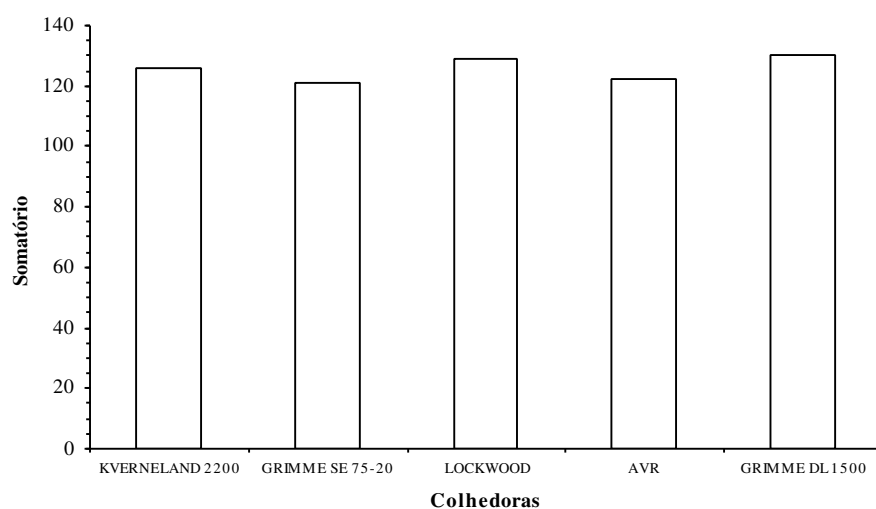


Figura 54 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Robustez da Máquina.

4.7.13 Considerações sobre Perdas no Campo

Esse quesito é considerado pelos agricultores como um fato normal, mas a quantidade de tubérculos perdidos por unidade de área muitas vezes podem significar grandes problemas, sendo um dos grandes pontos de avaliação de desempenho de colhedoras.

A Figura 55 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Destacam-se as colhedoras Grimme SE 75-20 e AVR, com maior concentração de notas 4 e 5. Para esse quesito, quanto maior a nota, menor era a quantidade de tubérculos deixados pelas colhedoras, ou seja, melhor é o desempenho da máquina.

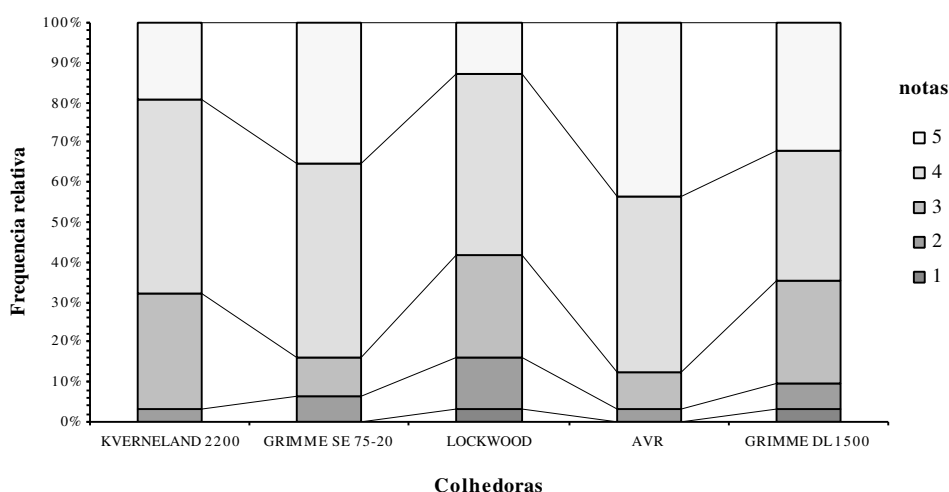


Figura 55 – Comparação entre as colhedoras para o item Perdas no Campo.

A Figura 56 apresenta o somatório total das notas para todas as colhedoras, sendo que a colhedora AVR se destaca como máquina que visualmente perdeu menos, seguida da colhedora Grimme SE 75-20, mas não havendo grandes diferenças entre as demais na ótica do agricultor.

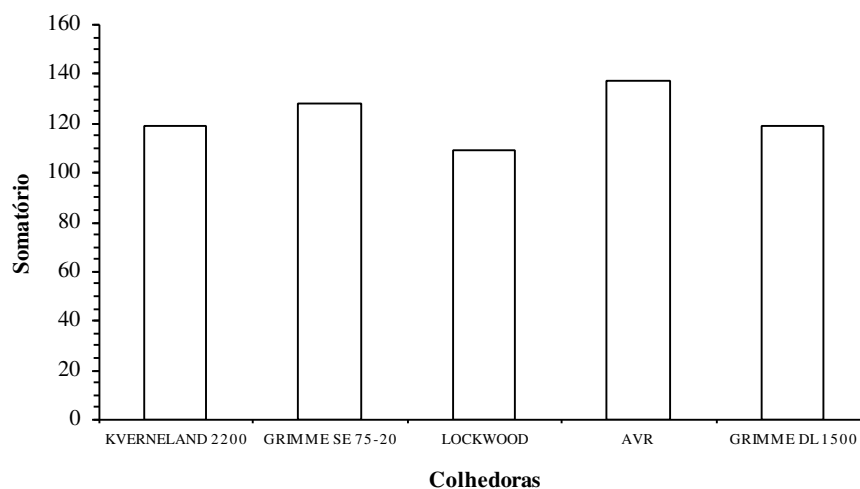


Figura 56 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Perdas no Campo.

4.7.14 Considerações sobre Eliminação de Torrão

Para as condições brasileiras, este é o fator mais preocupante, principalmente em áreas com solos argilosos. As condições nacionais de lavouras de batata são geralmente caracterizadas por seu baixo teor de matéria orgânica e pelo intenso tráfego de máquinas, fatores esses que contribuem para a geração de torrões, que dificilmente serão separados pelas colhedoras.

A Figura 57 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Destaca-se a colhedora Grimme SE 75-20 pela grande concentração de notas 4 e 5 (83%) e a colhedora Lockwood pela alta concentração de notas 2.

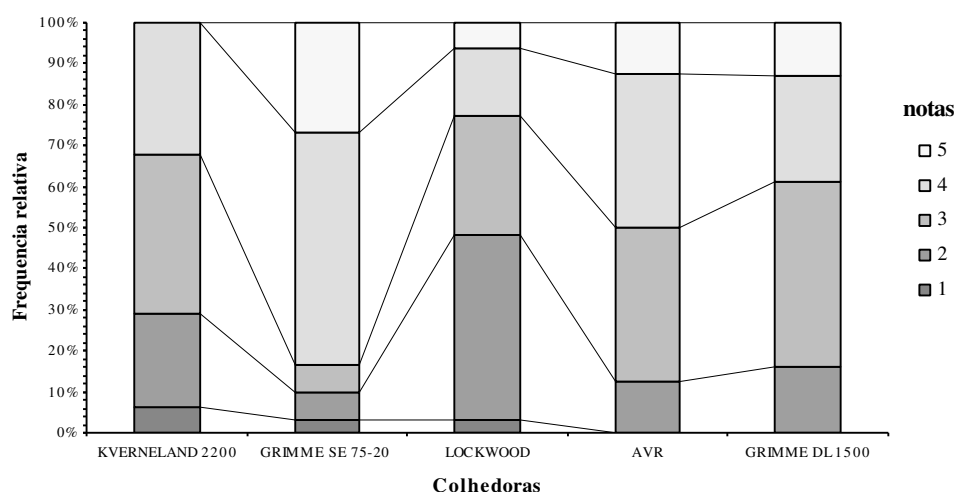


Figura 57 – Comparação entre as colhedoras para o item Eliminação de Torrão.

A Figura 58 apresenta o somatório de notas para esse quesito, sendo característico o destaque da colhedora Grimme SE 75-20, fato esse comprovado devido ser a única colhedora com dispositivo específico para a eliminação de torrão. É possível perceber grande problema encontrando pelas colhedoras Kverneland e Lockwood.

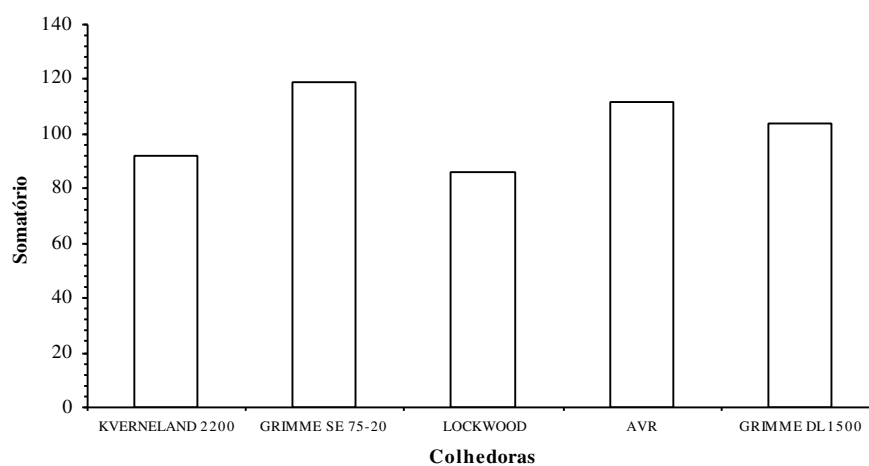


Figura 58 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Eliminação de Torrão.

4.7.15 Considerações sobre Danos Físicos nas Batatas

Os danos físicos causados nas batatas no momento da colheita são considerados como sérios problemas, principalmente se os tubérculos serão armazenados, tendo grande probabilidade de deteriorar mais rapidamente. Para esse quesito, considerou-se a ação de órgãos internos das colhedoras na danificação de tubérculos.

A Figura 59 apresenta a comparação entre as colhedoras para o quesito Danos Físicos, onde se pode perceber um maior destaque para as colhedoras Grimme SE 75-20 e AVR, onde apresentam concentração de notas 4.

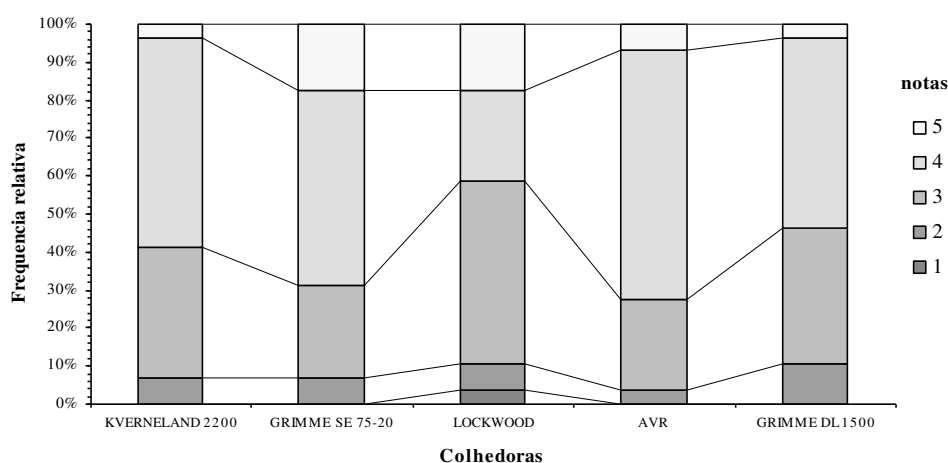


Figura 59 – Comparação entre as colhedoras para o item Danos Físicos nas Batatas.

A Figura 60 apresenta a comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras. Há um pequeno destaque das colhedoras Grimme SE 75-20 e AVR, ou seja, causam menos dano físico ao tubérculo que as demais colhedoras, que apresentam resultados semelhantes, totalizando em torno de 100 pontos.

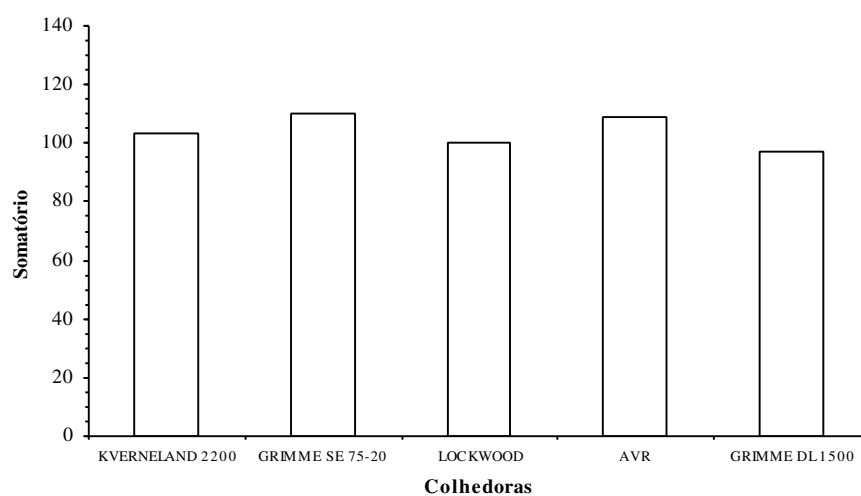


Figura 60 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Danos Físicos nas Batatas.

4.7.16 Considerações sobre Expectativa de Sucesso Operacional

Esse quesito consiste em uma avaliação basicamente geral sobre os aspectos que cada colhedora apresenta nas condições em que apresentavam-se as áreas.

A Figura 61 apresenta a distribuição percentual de notas comparativas entre as máquinas avaliadas. Destaca-se a colhedora Lockwood pelas concentrações das notas 1 e 2; as outras colhedoras apresentaram relativa semelhança entre as notas 3, 4 e 5 obtidas.

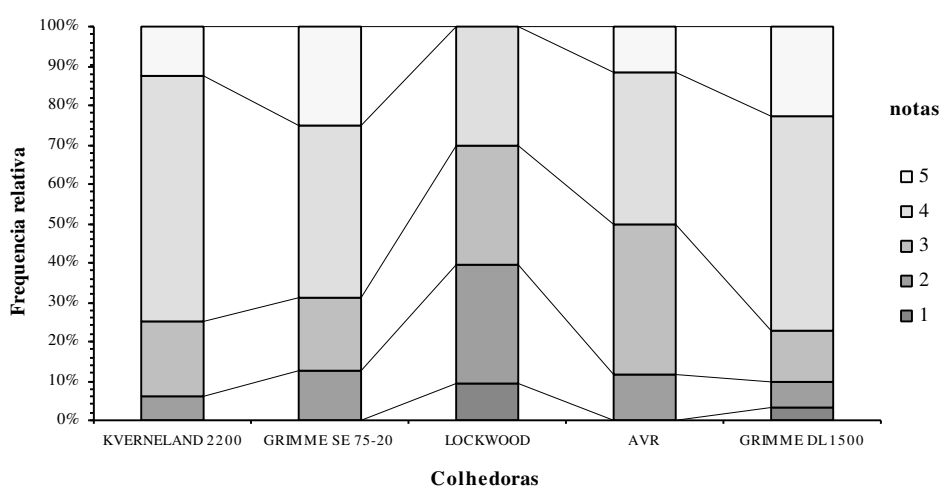


Figura 61 – Comparação entre as colhedoras para o item Expectativa de Sucesso Operacional.

A figura 62 apresenta a comparação entre o somatório total de notas para o quesito em questão. Fica bastante claro a semelhança entre as colhedoras Kverneland UN 2200, Grimme SE 75-20, AVR e Grimme DL 1500, sendo que apenas a colhedora Lockwood 4620 apresenta menor expectativa de sucesso operacional nas condições em que o trabalho foi desenvolvido.

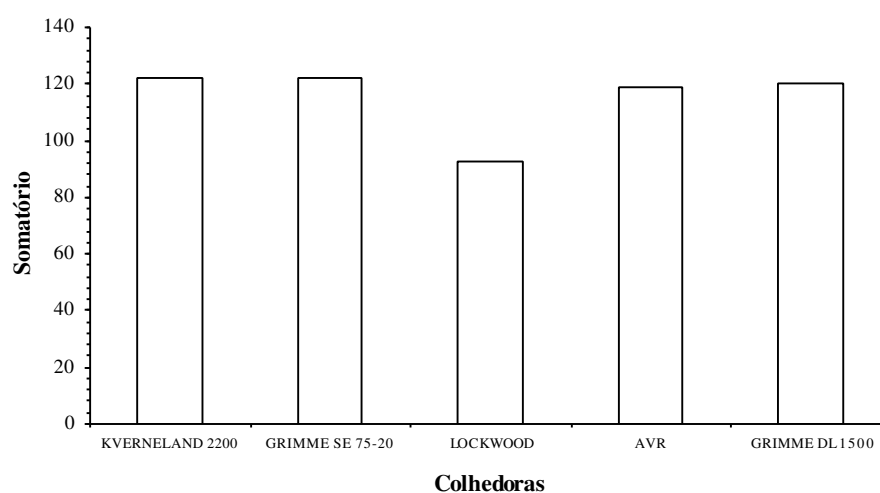


Figura 62 – Comparação entre o somatório total de notas para as colhedoras no item Expectativa de Sucesso Operacional

5 CONCLUSÕES

Para as condições nas quais o trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

- a colhedora Kverneland UN 2200 apresentou um bom rendimento operacional, sendo indicada como uma boa opção para os bataticultores brasileiros, tendo a ressalva de que em áreas que apresente torrões, seu desempenho poderá deixar a desejar quanto a eliminação dos mesmos;
- a colhedora Grimme SE 75-20 apesar de apresentar uma linha de colheita, apresentou uma boa eficiência de campo, sendo, na opinião dos agricultores, a colhedora que apresentou melhor desempenho, apresentando notas altas nos quesitos como eliminação de torrão, manobrabilidade, segurança entre outras;
- a colhedora Lockwood apresentou uma eficiência de campo próxima aos 70%, mas sendo considerada pelos agricultores uma máquina que pode causar alguns problemas, sendo a colhedora que apresentou menor pontuação, principalmente nos quesitos Facilidade de Transporte / Locomoção, manobrabilidade e eliminação de torrão, pontos de suma importância para as características que o sistema de produção nacional apresenta;
- a colhedora AVR apresentou desempenho operacional considerado regular, sendo caracterizada pelos bataticultores como colhedora que pode apresentar alguns problemas quanto à manobrabilidade e eliminação de torrão;
- a colhedora Grimme DL 1500 apresentou bom desempenho operacional, com eficiência de campo em torno de 76%, sendo, na ótica dos bataticultores uma máquina bastante regular devido à semelhança de sua pontuação em todos os quesitos analisados.
- com relação aos resultados obtidos na estatística descritiva, pode-se perceber que as áreas onde as colhedoras trabalharam foram semelhantes;

- não foi possível estabelecer níveis de correlação estatísticos confiáveis entre os indicadores de produção da lavoura e os resultados operacionais;
- o processo de colheita mecanizada de batata apresentou alta variabilidade com relação aos resultados de perdas de tubérculos;
- o método de utilização de cartas de espacialização com células quadradas mostrou ser suficiente para um entendimento e visualização da distribuição espacial dos resultados de perdas de tubérculos em áreas de alta variabilidade;
- a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) mostrou-se como uma ferramenta útil para a avaliação da distribuição espacial de perdas de tubérculos;
- a proposição de estratificação dos dados em classes mostrou-se prático e eficiente na avaliação da distribuição espacial de perdas de tubérculos;
- a metodologia e avaliação do desempenho operacional, na ótica dos agricultores através da utilização de notas, mostrou-se muito eficiente, podendo ser uma ferramenta de auxílio simples e rápida para a tomada de decisões e avaliação de desempenho de máquinas e implementos agrícolas.
- Diante dessas conclusões, aceita-se a hipótese de que colhedoras importadas apresentam desempenho satisfatório e acredita-se também que com o uso dessas colhedoras pode-se elevar a competitividade do produto nacional.

6 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Realizar estudo de avaliação econômica do sistema de colheita mecânica de batata;
- Avaliar a relação entre o desempenho operacional e a comercialização de colhedoras;
- Levantar um maior número de indicadores de produção para correlação com os resultados de perdas de tubérculos e desempenho operacional de colhedoras;
- Estabelecer qual é o valor de perdas de tubérculos aceitável para a colheita mecanizada da cultura da batata;
- Em avaliações subjetivas através da atribuição de notas, considerar uma ponderação para os itens a serem estudados;
- Realizar avaliação de danos nos tubérculos, causados por cada parte da colhedora e avaliação de danos totais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETO, A. de O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. de. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. v. 35, n.5. p. 901-907. 2000.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 20, p. 151-157, 1996.

ALCÂNTARA, E. N. de.; FERREIRA, F. A. Controle de plantas daninhas na cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 53-55, mar/abr. 1999.

ANDERSON, L.; BULLOCK, D. Use caution in interpreting clusters of similar values in soil fertility maps. **Better Crops**. Norcross, Georgia, USA. v. 80, n. 3. 1996.

ARCE, F. A. **El cultivo de la patata**. Madrid: Ediciones mundi-prensa, 1996. 274p.

ASSIS, M de. Novas tecnologias na propagação de batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 30-33, mar/abr. 1999.

BAKHSH, A.; COLVIN, T. S.; JAYNES, D. B.; KANWAR, R. S.; TIM, U. S. Using soil attributes and GIS for interpretation of spatial variability in yield. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 43, n. 4. p. 819-828. 2000.

BAKHSH, A.; JAYNES, D. B.; COLVIN, T. S.; KANWAR, R. S. Spatio-temporal analysis of yield variability for a corn-soybean field in Iowa. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 43, n. 1. p. 31-38. 2000.

BERGEIJK, J. van; GOENSE, D.; SPEELMAN, L. Soil tillage resistance as a tool to map soil type differences. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 79, n. 4. 2001. p. 371-387.

BEZZERA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. Coeficiente de cultura da batata em diferentes fases fenológicas nas condições edafoclimáticas de Piracicaba. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 16, n. 2. P. 65-76. 1996.

BOLLER, W.; PREDIGER, L. J. Cultivo mínimo e plantio direto de batata após diferentes condições de cobertura do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, Fortaleza. **Anais...** SBEA: UFPA. 2000. CD-Rom.

BOOCK, O. J.; NÓBREGA, S. da A.; FREIRE, E. S. Experiências preliminares sobre maneiras de aplicar adubos na cultura da batatinha. **Bragantia**. Campinas. v.21, n. 53, p. 887-897. 1962.

BLACKMORE, S. **Development the principles of precision farming**. Agrotec 99. - Conferência Internacional sobre Agropolos e Parques Tecnológicos Agro-industriais, 1999.

BRUNE, S.; MELO, P.E. Método rápido de avaliação do esverdeamento em tubérculos de batata. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 36, n. 5. p. 809-814. 2001.

CAMARGO FILHO, W. P.; ALVES, H. S.; MAZZEI, A. R. Mercado de batata: ações integradas na cadeia produtiva. **Informações Econômicas**, Instituto de Economia Agrícola. São Paulo, v. 29, n. 1, p. 08-23, jan. 1999.

CARDOSO, M. R. de O. Colheita e armazenamento de batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.76, p.62-65, abril 1981.

CARVALHO, J. A.; TOLEDO, V. F. Desempenho de colhedoras automotrizes de grãos. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4, **Trabalhos...** Campinas, 1990. Fundação-Cargill. p. 188-195.

CASTRO, J. L. de; MIRANDA FILHO, H. da S.; JORGE, J. de P. N. Esverdeamento e brotação em cultivares alemães e holandeses de batata. **Bragantia**. Campinas. v.41, n. p. 203-207. 1982.

CHAVES, L. H. G.; PEREIRA, H. H. G. **Nutrição e adubação dos tubérculos**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 97p.

DEAN, B. B. **Harvesting, handling and storage - Managing the potato production system**. Food Products Press. Binghamton, NY. p. 135-143. 175p. 1993.

DIAS, C. A. de C. **Cultura da batata**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 33p (Documento Técnico, 65).

DIAS, C. A. de C.; MARTINS, A. C. N. **Batata (*Solanum tuberosum* L.) - Manual técnico das culturas**. Tomo I: cereais, fibrosas, leguminosas oleaginosas, plantas tropicais, raízes e tubérculos e sacarinas. Campinas. Editora Especial. 1997, p. 157-198. 585 p.

DIAS, C. A. de C. **Práticas culturais, cultura da batata**. São Paulo, 1962. 165 p.

ESSEN, H. van; LINT, M. M. de. **De Aardappeloogst met zelfrijdende vierrijige rooiers**. IMAG – Mansholtlan. Publikatie 6. Wageningen, Oktober 1974. 23p.

FAGGION, F.; DALLMEYER, A. U.; ROMANO, L. N. Otimização de uma arrancadora de batata com a aplicação da engenharia e análise de valor num ambiente de engenharia simultânea. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 21, n.1. p. 43-50. 2001.

FAHL, J. I.; HIROCE, R.; CARRELLI, M. L. C.; CASTRO, J. L. de. Efeitos do alumínio na nutrição, desenvolvimento produção de cultivares de batatinha (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. v. 4, n. 1. p. 22-26. 1980.

FILGUEIRA, F. A. R. **Práticas Agronômicas**. Produção de batata. In: Reifschneider, F. J. B. Brasília: Linha Gráfica. p. 29-39. 1987. 239p.

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

FONTES, C. P. R.; FINGER, F. L. **Pós-colheita do tubérculo de batata**. Viçosa: UFV, 1997. 32p.

FONTES, C. P. R. **Preparo do solo, nutrição mineral e adubação da batateira**. Viçosa: UFV, 1997. 42p.

GADANHA JÚNIOR, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; YAHN, C. H.; TOMIMORI, S. M. A. W. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. IPT/Esalq. São Paulo. 1991. 471 p.

GARZON, J. L. G.; PEREZ, F. M.; GRANELL, R. P.; NARVAEZ, J. R.; RINCON, A. R. Del. **Diez temas sobre mecanizacion II**. Ministério da Agricultura. Madrid, 1981. 169p.

GOMES, J. A.; PECHE FILHO, A.; KLIMIONTE, M. A.; VALERIANO, M. de M. Estudo da Variabilidade de Produção Agrícola com o uso de SIG. In: CONGRESSO E MOSTRA DE AGROINFORMÁTICA, 1, 2000, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG/FundaçãoABC, 2000. (CD-ROM)

GOMES, J. A.; WEIRICH NETO, P. H. Efeito da taxa de alimentação e da velocidade do cilindro trilhador sobre as perdas na colheita mecânica de trigo (*Triticum aestivum*). In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7, **Anais...** Maringá: EDUEM, 1998. p.610. 987p.

HUNT, D. **Maquinaria agrícola – rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y seleccione de equipo – manual de laboratorio y cuaderno de trabajo**. 7° ed. México, Editorial Limina S. A. 1986.

INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE. **Beproeving Agro Aardappelrooier**. Dr. S. L. Mansholtlaan, Wageningen. 1961. 6p. (Bulletin, 194).

INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE. **Beproeving Amac Aardappelrooier type VA**. Dr. S. L. Mansholtlaan, Wageningen. 1962. 9p. (Bulletin, 212).

INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE. **Beproeving Amac Aardappelrooier type ZW1**. Dr. S.L. Mansholtlaan, Wageningen. 1965a. 11p. (Bulletin, 291).

INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE. **Beproeving Krakei Aardappelrooier**. Dr. S. L. Mansholtlaan, Wageningen. 1960. 5p. (Bulletin, 150).

INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE. **Beproeving Krakei Aardappelrooier type 1-WR**. Dr. S. L. Mansholtlaan, Wageningen. 1965b. 11p. (Bulletin, 292).

JABUONSKI, R. E.; FURUMOTO, O.; LOPES, C. A. **Cultivares de batata no Brasil**. CECOR/CATI/SAA. Campinas. 1988. 16p.

KOUWENHOVEN, J. K. **Tillage for potatoes**. In: INTERNATIONAL POTATO COURSE, 8, Wageningen, 1979. 21p.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. de S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**. Campinas, v. 48, n. 2. p. 249-262. 1989.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando Excel 5 e 7**. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 1997. 420p.

LOOTSMA, M.; SCHOLTE, K. Effects of soil disinfection and potato harvesting methods on stem infection by *Rizoctonia solani* Kühn in the following year. **Potato Research**, n. 39. 1996. p. 15-22.

LOPEZ, C. G.; MARTIN-PORTUGUÊS, E. P. **Mecanizacion de los cultivos hortícolas**. Madrid: Ediciones mundi-prensa, 1983. 245p.

MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Fortaleza. **Trabalhos...** Poços de Caldas. Ed. Por F. M da Silva, P. H. de M. Borges. Lavras: SBEA: UFLA. 1998. p. 109-157. 244p.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. de C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 27, n. 12. p.1579-1586. 1992.

MANTOVANI, E. C.; LEPLATOIS, M.; INAMASSU, R. Y. Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 34, n. 7. P. 1241-1246.1999.

MATTILA, P. Harvesting potatoes – harvesting, damage and labour utilization on farms. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 11. *Agricultural Engineering*. Rotterdam-Netherlands. 1989. p.1991-1994.

MCRAE, D. The design and operation of potato harvesters for minimum damage and losses. **Agricultural Engineer**. Spring 1977. p. 17-19.

MEIER, H. M. E. **Tecnologia agropecuária y florestal**. Editora Aedos. Barcelona, 1980. 382p.

MESQUITA, C. de M.; HANNA, M. A. Belt conveyor system to reduce soybean harvester gathering losses. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, 22 (2): 243-245, 250. 1979.

MESQUITA, C. de M.; COSTA, N. P.; QUEIROZ, E. F. Influência dos mecanismos das colhedoras e do manejo da lavoura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre as perdas na colheita e a qualidade das sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9, 1979, **Anais...** Campina Grande - PB, 1979.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda. 1974. p.164-190.

MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas: ensaios e certificações**. Piracicaba: FEALQ. 1996. 722p.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte I: o que é estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. v. 17, n. 2, p. 97-107, Dez. 1997b.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte II: diagnóstico, aplicação localizada e considerações econômicas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. v. 17, n. 2, p. 108-121, Dez. 1997a.

MONIZ, A. C.; MANFREDINI, S.; DEMATTÊ, J. L. I. Variações morfológicas, mineralógicas e hídricas em terra roxa estruturada ao longo de uma vertente em Rio das Pedras - SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 18, n. 3. p. 513-520. 1994.

MONTALDO, A. **Cultivo y mejoramiento de la papa**. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1984. 706p.

MUNDY, C.; CREAMER, N. G.; CROZIER, C. R.; WILSON, L. G. Potato production on wide beds: impact on yield and selected soil physical characteristics. **American Journal of Potato Research**. n. 76, 1999. p. 323-330.

NAKAGAWA, J. **Adubação foliar da batatinha**. CECOR/CATI/SAA. Campinas. 1988. 8p.

NEWMAN, M. Harvesting and product quality. **Agricultural Engineer**. Summer 1979. p. 52-56.

OSTBY, B. **Handtering, fysisk miljøpavirkning og sikring av kvalitet hos poteter fram til forbruker**. Norges Landbrukshogskole – Institutt for Tekniske FAG. ITFRAPPORT, n. 83. 1997. 31p.

OSTBY, B. **Handtering og kvalitetskontroll av poteter**. Norges Landbrukshogskole – Institutt for Tekniske FAG. ITFRAPPORT, n. 57. 1994. 33p.

PECHE FILHO, A.; LINO, A. C. L.; STORINO, M.; UNGARO, M. R. G. Aplicação de geoprocessamento na avaliação de lavoura de girassol. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 12, 1997, Campinas. **Resumos...** IAC-ITAL. p. 44-46.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais**. 2ª Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1999. 256p.

PINZÓN DÍAZ, R. A. P. Seguimiento de máquinas de recolección de remolacha azucarera. **Máquinas y Tractores Agrícolas**. Madrid. n. 1, p. 48-52, enero 1992.

QUAGGIO, J. A.; RAMOS, V. J.; BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. van; SAKAI, M. Calagem para a sucessão batata-triticle-milho usando calcários com diferentes teores de magnésio. **Bragantia**. Campinas. v.44, n. 1, p. 391-406. 1985.

RACHWAL, M. F. G.; DEDECEK, R. A. Influência da aeração e da disponibilidade hídrica em Cambissolos e Latossolos sobre a produtividade e a qualidade da cultura da batata. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. v. 20, n. 3. p. 485-491. 1996.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 466p.

REIS, A. V.; ALONÇO, A. S.; MACHADO, A. T. T.; TOESCHER, C. F.; TILLMANN, C. A.; MACHADO, R. L. T. Alterações na distribuição e volume de palha na colheita de arroz irrigado com plataforma recolhadora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, **Anais...** Bauru: UNESP, 1996. McA 120. CD-ROM.

REIS, A. V. dos; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. T.; GRINN, H. Variabilidade espacial de índice de cone em planossolo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, Poços de Caldas, 1998. **Anais...**, v4, Lavras, UFLA/SBEA, 1998. P. 316-318. 445p.

REIS JÚNIOR, R. dos A.; FONTES, P. C. R. Morfologia e participação de assimilados na batateira em função de época de amostragem e de doses de potássio. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. v. 34, n.5. p. 795-799. 1999.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. de. Aspectos econômicos da produção e comercialização de batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 9-19, mar/abr. 1999.

RETAMAL, N.; NUÑEZ ARENAS, A. La patata y su cultivo. **Máquinas y Tractores Agrícolas**. Madrid. n. 9, p. 51-57, septiembre 1991.

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 1, p.115-122, 1998.

SANGOI, L.; KRUSE, N. D. Doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio e características agrônômicas da batata em dois níveis de pH. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. v. 29, n.9. p. 1333-1343. 1994.

SANTOS, S. R. dos. **Efeito do espaço livre entre orifício de discos dosadores e sementes de milho sob três velocidades de deslocamento**. Cascavel, 2001. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Otimização de Sistemas Agroindustriais) – Universidade do Oeste do Paraná – Unioeste.

SEGÓVIA, R. M. **Determinação do efeito da precipitação pluviométrica na produtividade agrícola**. Brasília, Comissão de Financiamento da Produção, 1982. 47 p.

SMITH, E. A. **Manual da produtividade: métodos e atividades para envolver os funcionários na melhoria da produtividade**. Tradução: Mariluce Fiziola C. Pessoa. Rio de Janeiro: Editora Qualimark. 1993. 249p.

SOUZA, L. da S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 22, n. 1. p. 77-86. 1998.

SOUZA, E. G.; JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; RIBEIRO, S. R. A.; SILVA, M. S.; URIBE-OPAZO, M. A.; MOLIN, J. P.; OLIVEIRA, E. F.; NÓBREGA, L. H. P. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em um Latossolo Roxo Distrófico da Região de Cascavel - PR. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. v. 18, n. 3, p. 80-92, Mar. 1999.

SOUZA, J. C. de.; REIS, P. R. O minador-das-folhas da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 77-84, mar/abr. 1999.

TINTANÉ, S.; GALLOY, S. La cartographie de rendement: un service à la récolte. In: AGRICULTURE DE PRÉCISION. **Trabalhos...** Dijon, France. 2000. p. 395-403.

TORMENA, C. **Resistência a penetração e porosidade em plantio direto influenciado por preparos, pré-implantação, calagem e tráfego**. Curitiba: UFPR, 1991. 155p.

TÔRRES, G. Produtividade e qualidade: fatores indispensáveis para a bataticultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 07, mar/abr. 1999.

TROCCHI, G. Recolección mecanizada de remolacha 1992. **Máquinas y Tractores Agrícolas**. Madrid. n. 1, p. 48-52, enero 1992

UNGARO, M. R. G.; PECHE FILHO, A.; LINO, A. C. L.; STORINO, M. Uso de SIG e de mapas temáticos de estande e produção de grãos na avaliação de lavoura de Girassol (*Helianthus annuus* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n.3, p.73-79, mar. 1999.

VALERIANO, M. de M. **Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solos**. Rio Claro, 1999. 144p. Tese (Doutorado em Geociências, área de Concentração Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, USP.

VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F.; DE MARIA, I. C.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETTO, N. Mapeamento de atributos de solo e planta usando geoestatística. In: O Estado da Arte da Agricultura de Precisão no Brasil. Coord. Luiz Antonio Balastreire. **Trabalhos...** Piracicaba, 2000. P. 93-104. 224p.

WEIRICH NETO, P. H.; ROSA, A. L. T. da; GOMES, J. A.; KLIMIONTE, M. A. Variabilidade espacial do índice de cone de um latossolo vermelho escuro do cerrado, cultivado em sistema de semeadura sob a palha e preparo convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, Pelotas, 1999. **Anais...**, v4, Pelotas, UFPel/SBEA, 1999. CD-Rom.

YANAI, K.; SILVEIRA, G. M.; LANÇAS, K. P.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G. Desempenho operacional de trator com e sem o acionamento da tração dianteira auxiliar. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 34, n. 8. p. 1427-1434. 1999.