

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE ALGODÃO EM
VARIABILIDADE ESPACIAL E EM FUNÇÃO DE
VELOCIDADES DE COLHEITA**

Elizabeth Haruna Kazama

Engenheira Agrícola e Ambiental

JABOTICABAL-SÃO PAULO-BRASIL

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE ALGODÃO EM
VARIABILIDADE ESPACIAL E EM FUNÇÃO DE
VELOCIDADES DE COLHEITA**

Elizabeth Haruna Kazama

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Coorientadores: Prof. Dr. Gener Tadeu Pereira

Prof. Dr. Welington Gonzaga do Vale

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)

JABOTIBAL-SÃO PAULO-BRASIL

2016

Kazama, Elizabeth Haruna
K23p Perdas na colheita mecanizada de algodão em variabilidade espacial e em função de velocidades de colheita / Elizabeth Haruna Kazama. -- Jaboticabal, 2016
iv, 62 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016

Orientador: Rouverson Pereira da Silva

Coorientadores: Gener Tadeu Pereira, Welington Gonzaga do Vale

Banca examinadora: Anderson Chagas Magalhães, Livia Camargo

Arantes

Bibliografia

1. *Gossypium hirsutum*. 2. Geoestatística. 3. Agricultura de precisão. 4. Krigagem. 5. Colhedora de fusos. 6. *Picker*. 7. Característica da fibra.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.35:633.51

CURRICULARES DO AUTOR

ELIZABETH HARUNA KAZAMA – nascida em Rondonópolis, Mato Grosso, no dia 27 de março de 1988, filha de Yoshikazu Kazama e Mariza Yoshie Kazama. Coursou o ensino médio na Escola Estadual de Ensino Médio Major Otávio Pitaluga, em Rondonópolis, Mato Grosso, tendo finalizado o Ensino Médio no ano de 2005. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2006 no curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, e recebeu o título de Engenheira Agrícola e Ambiental, formada, pela Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT em Julho de 2011. Iniciou sua carreira no Grupo Petrópolis em Rondonópolis, Mato Grosso, em março de 2012 como analista ambiental. Ainda em março de 2012 iniciou a especialização em Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono, pela UFPR (Universidade Federal do Paraná), tendo obtido o título de especialista em julho de 2014. Em março de 2013 foi engenheira agrícola e ambiental da Santo Antônio Consultoria e Engenharia, responsável pelo reflorestamento de 100 mil árvores, entre outros projetos que desenvolveu na consultoria. Em fevereiro de 2014 assumiu as aulas de hidrologia para o curso de Engenharia Civil, na Faculdade Anhanguera de Rondonópolis. Em agosto de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no Programa de Ciência do Solo, na área de Máquinas Agrícolas, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, no Departamento de Engenharia Rural. Em fevereiro de 2016, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Ofereço esta pesquisa ao sentimento de “gratidão”...

Quando olho ao lado e vejo todas as pessoas que de alguma maneira ajudaram nessa obra e apoiaram a formar o caminho até aqui.

“Passarei por este caminho uma só vez, por isso se existe qualquer bem que eu possa fazer em benefício do ser humano, que eu faça já. Que eu não negligencie, pois por aqui não mais passarei”.

Dale Carnegie

“Gratidão gera gratidão, e lamúria gera lamúria”.

Mokiti Okada (Meishu Sama)

“Descobri no mais sincero – obrigado – um amor desmedido, uma luz quando tudo parecia ameaçar, uma felicidade que expande e toca a quem se tem afinidade. Por tudo, e sempre, a gratidão”.

Elizabeth Kazama.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus e Meishu-Sama, obrigada por sempre ser tão presente. Por proporcionar tudo tão exatamente como é.

À Unesp, por ter me acolhido como uma grande mãe, de braços abertos, em cada oportunidade de aprender.

Ao professor Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela orientação, por ser paciente, engraçado, justo, humano e inteligente, sendo gentil em tudo que faz com brilhantismo. E, sobretudo por ser um líder, que nos inspira e motiva a sermos o melhor que podemos ser.

Aos professores Gener Tadeu Pereira, Welington Gonzaga do Vale e Carlos Eduardo Angeli Furlani, por me ensinarem, sendo exemplos de professores, sempre presentes, disponíveis a ajudarem.

Aos amigos do LAMMA, Patrícia, Aline, Franciele, Tiago, Tássio, Adão, André, Felipe, Carla, Leane, Lucas, Rafael, pela convivência alegre do dia-a-dia, pela ajuda na coleta de dados, pelo sempre apoio acadêmico, pessoal e profissional. Pela cervejada e por ser um exemplo vivo da fraternidade, altruísmo, companheirismo e graça.

Aos amigos técnicos sempre com o habitual sorriso em todos os momentos que precisei de ajuda: David Trevizol, Sebastião Filho, Ronaldo e Valdecir Aparício.

Ao professor David Luciano Rosalem, e aos pós docs Daniel Bortoli Teixeira e Diego Siqueira, pelo tempo e atenção que dispuseram em ajudar o próximo, sempre com generosidade.

Aos colegas da UFMT de SINOP, Diane, Alex, Luiz, Lucas, Maurício na hospitalidade em Lucas do Rio Verde, e todo o apoio na condução desta pesquisa.

Aos Grupos Eltejar e Cortezia, em especial, Guilherme, Rodrigo, Juliana e Anderson, pelo tempo, atenção, gentileza que nos prestaram nestes experimentos.

Em especial à minha família, Yoshikazu e Mariza, e irmãos, Vilma e Vinícius, pelo amor incondicional e incomensurável.

A Daniele, Milene e Dayana, pela convivência no lar fofo lar. Pelas risadas de cada dia.

Aos meus amigos Flávia, Adonnay e Mariana, que mesmo à km de distância me alegram quase todos os dias! E pelo apoio que me prestam, sempre me lembrando que amizade não tem barreiras.

À minha amiga Gabriela, que sempre é fofa! Pelo apoio nos momentos em que tive dúvida.

À minha amiga Francielle Ferreira, que foi a primeira a me incentivar o mestrado, em especial Jaboticabal, colheita e algodão. Por ser esse exemplo de menina mulher guerreira, alegre, segura e corajosa.

À UFMT, que me proporcionou a base dos conhecimentos em Engenharia Agrícola.

Ao Hygor, por ser exemplo de educação, simpatia, gentileza, humildade e respeito. Por ter confiado em mim, quando nem eu mais confiava, por ter me apoiado na caminhada que antecedeu o mestrado, sempre com palavras otimistas, de que tudo sempre é evolução.

Ao Paulo, Lúcia, Bá, Robson, Daniel, Valdevino, Rose, Evelin, Luís, Fernanda, Mirian, Eduardo, Tânia, Elza, Sérgio, Marcia, Giulianna, Liliana, Maristela, Jussara, Bada, Josélia, que sempre me recebem de braços abertos, com carinho no coração e me lembram que Deus está me proporcionando cada momento de aprimoramento.

A todos os estagiários que ajudaram na coleta de dados do experimento.

Meus sinceros agradecimentos a vocês, contem comigo.

SUMÁRIO

Assunto	Pág.
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.2.1 Cultura do algodão.....	3
1.2.2 Característica e classificação da fibra do algodão.....	5
1.2.3 Colheita mecanizada do algodão.....	8
1.2.4 Colheita com sistemas de fusos ou <i>picker</i>	9
1.2.5 Funcionamento da colhedora de algodão.....	10
1.2.6 Perdas na colheita.....	13
1.2.7 Análise geoestatística.....	15
1.3 REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 2 - VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE ALGODÃO.....	24
INTRODUÇÃO	25
MATERIAL E MÉTODOS	26
Área experimental.....	26
Avaliações.....	27
Análise estatísticas.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
Análise descritiva.....	29
Correlação de perdas com variáveis fisiológicas.....	31
Variabilidade espacial.....	33
Mapas da distribuição espacial.....	35
Discussões gerais.....	38
CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS	39

CAPÍTULO 3 – PERDAS DE ALGODÃO E QUALIDADE DA FIBRA EM FUNÇÃO DE VELOCIDADES DE COLHEITA.....	42
3.1 INTRODUÇÃO.....	43
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	44
3.2.1 Área experimental e delineamento.....	44
3.2.2 Avaliações: perdas quantitativas.....	45
3.2.3 Avaliações: perdas qualitativas.....	45
3.2.4 Capacidade de campo efetiva.....	46
3.2.5 Análise estatística.....	46
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.3.1 Produtividade e perdas quantitativas.....	46
3.3.2 Perdas qualitativas.....	50
3.3.3 Capacidade de campo efetiva.....	54
3.4 CONCLUSÃO	56
3.5 REFERÊNCIAS	57
CONCLUSÕES.....	62

PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DO ALGODÃO EM VARIABILIDADE ESPACIAL E EM FUNÇÃO DE VELOCIDADES DE COLHEITA

RESUMO – O preço do algodão é determinado pela qualidade da fibra, que pode ser danificada no momento da colheita, gerando perdas qualitativas, além das perdas quantitativas de pluma não colhida, resultando em perda de produtividade. Neste trabalho foram realizados dois estudos que tiveram como objetivos: modelar a distribuição espacial e o mapeamento das perdas na colheita mecanizada do algodão em duas velocidades de colheita (5 km h^{-1} e 7 km h^{-1}), (Experimento 1), e avaliar as perdas quali-quantitativas da fibra em cinco velocidades de colheita, 5, 6, 7, 8 e 9 km h^{-1} (Experimento 2). Os experimentos foram realizados em dois municípios do estado do Mato Grosso, Brasil, sendo um sob delineamento de malha regular, demarcados 64 pontos amostrais com 5,25 ha cada, e outro sob delineamento de blocos inteiramente casualizados, utilizando a estatística clássica, sendo cinco velocidades de colheita e quatro repetições. No primeiro experimento, a maior extensão das perdas no terço inferior da planta ocorre no sentido das linhas de semeadura e deslocamento da colhedora e, além disso, as perdas na planta possuem relação com a população de plantas. As perdas possuem dependência espacial, demonstrando que possui relação com a planta. No segundo experimento, as perdas no solo, na planta e a qualidade da fibra não foram afetadas pelas velocidades analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum*, geoestatística, agricultura de precisão, krigagem, colhedora de fusos, *picker*, característica da fibra.

COTTON LOSSES IN MECHANICAL HARVESTING ON SPATIAL VARIABILITY AND IN FUNCTION OF HARVEST SPEED

ABSTRACT - The price of the cotton is determined by the quality of the fiber, which can be damaged at time of harvest, generating qualitative loss, in addition to feather quantitative losses, resulting loss of productivity. This work carried out two studies to the following objectives: to model the spatial distribution and the losses mapping in mechanized cotton harvesting in two harvest speed (5 km h⁻¹ and 7 km h⁻¹), (Experiment 1), and evaluating the quantitative and qualitative losses of five-speed fiber harvesting, 5, 6, 7, 8 and 9 km h⁻¹ (Experiment 2). The experiments were conducted in two cities in the state of Mato Grosso, Brazil, one under regular mesh design, marked 64 sample points, with 5.25 ha, in each field, the other was randomized in complete block, using classical statistics, with five-speed harvesting and four replications. In the first experiment, the largest extent of the losses in the lower third of the plant occurs in the direction of the planting lines and displacement of the harvester in addition, losses in the plant are related to the population of plants. Cotton losses have spatial dependence demonstrating that It has relation with the the plant. In the second experiment, the losses in soil, plant and fiber quality were not affected by the analyzed speeds.

KEYWORDS: *Gossypium hirsutum*, geostatistics, precision agriculture, kriging, spindles harvester, *picker*, characteristic of fiber.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

Uma das mais importantes fibras têxteis comercializadas mundialmente é a pluma do algodão (BUAINAIN e BATALHA, 2007), sendo aproveitado do algodoeiro também suas sementes. Segundo dados da CONAB (2016), no ano agrícola de 2014/15, o Brasil totalizou 976,2 mil ha destinados à plantação de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), sendo 57,6% (562,7 mil ha) presentes no estado do Mato Grosso. Neste mesmo ano, a produção total no Brasil de algodão em caroço foi de 2.348,6 mil toneladas, e 2.304,3 mil toneladas apenas em Mato Grosso, sendo o principal estado produtor. Este destaque do estado é devido às extensas áreas, clima favorável e a plana topografia do cerrado, que permitiu o uso intenso de maquinários, do plantio à colheita.

Devido à cultura do algodão ser produzida em grande escala, a tecnificação foi sendo exigida, e atualmente, pode-se contar com sofisticada mecanização desde o preparo do solo, até ao enfardamento do algodão na própria área trabalhada. Portanto, a cultura do algodão requer mão de obra qualificada e sendo considerado como uma das culturas com maior salário médio entre as culturas da agricultura brasileira.

Nos últimos dez anos o algodão no Brasil tem apresentado avanços tecnológicos devido à pesquisa de cultivares cada vez mais produtivas adaptadas à climas e solos, especialmente do Cerrado, além de pesquisas com relação ao plantio, práticas agrícolas recomendadas para a cultura e, redução de custos variáveis, por meio da racionalidade do sistema e presença de novos maquinários (EMBRAPA ALGODÃO, 2014). O algodão tem deixado de ser uma cultura cultivada com a mão de obra familiar, para ser um monocultivo com extensas áreas de lavouras tecnificadas modernamente, sendo explorada principalmente nos estados do Mato Grosso e a área oeste da Bahia (CONAB, 2016).

Carvalho et al., (1984) estudaram perdas na colheita mecanizada em duas cultivares de algodoeiro, IAC 17 e IAC 18 em dois anos de ensaio (1978/79 e

1979/80), e obtiveram perdas na ordem de 7%, e devido ao ano adverso (chuvas e ventos fortes) perdas de 16%, demonstrando que há 30 anos atrás, as percentagens de perdas são aproximadamente as mesmas encontradas atualmente, o que demonstra a pouca evolução para minimizar as perdas quantitativas, época essa em que apenas 10% do algodão era produzido mecanicamente, e 90% ainda apresentava-se na produção manual no estado de São Paulo.

Um estudo em Mato Grosso avaliando duas velocidades de deslocamento da colhedora, 3,6 km h⁻¹ e 7,2 km h⁻¹, observaram aumento de perda de 100 kg ha⁻¹ de perdas no solo na velocidade de 7,2 km h⁻¹, e as perdas totais obtiveram aumento de 125 kg ha⁻¹ (FERREIRA et al., 2014).

Estudos que avaliem as perdas na colheita mecanizada do algodão utilizando a geoestatística são poucos. As técnicas de krigagem ordinária e co-krigagem são mais comumente usadas para analisar a fertilidade dos solos (ZONTA et al., 2014) ou mesmo para realizar mapeamentos espaciais de plantas daninhas (KALIVAS et al., 2012), porém, podem ser uma ferramenta para entender o processo de perdas na colheita do algodão.

A análise de variância pelo teste de médias atribui à casualização como um parâmetro que neutraliza os efeitos da correlação que existem na heterogeneidade espacial (STROUP et al., 1994). Se provada a dependência espacial, a hipótese de independência e casualidade fracassa, por isso, o cálculo do semivariograma deveria ser feito rotineiramente para dados de campo, afim de verificar se existe dependência dos dados que estão sendo analisados (VIEIRA, 2000).

Diversos estudos estão voltados para a produtividade da cultura (BAKER et al., 2015; BRODRICK et al., 2012; KUAI et al., 2015; FALKNER et al., 2011; SJOLANDER et al., 2011). Não ocorrendo na mesma intensidade estudos sobre as propriedades da qualidade da fibra, e os fatores ambientais, em especial a operação de colheita, que podem danificar qualitativamente o algodão. Estes estudos são essenciais, já que o algodão é comercializado em função das variáveis físicas da fibra, recebendo deságios quando a fibra não possui qualidade exigida pelas indústrias.

As características da fibra do algodão são o conjunto de propriedades físicas que determinam seu valor como matéria prima, abrangendo variáveis como

comprimento, uniformidade do comprimento, resistência, alongamento, maturidade, finura, brilho, cor, conteúdo de material não fibroso, teor de água e durabilidade (COSTA et al. 2006).

As características da fibra do algodão são fundamentais para a fiação em indústrias de tecelagem, pois, essas características, afetam as propriedades físicas da força de rotura dos fios. Existe forte relacionamento do comprimento, resistência, alongamento e maturidade dos fios com a regulação das máquinas de fiação, elevando a eficiência, e a maior produção das máquinas, pois estas características promovem fios e tecidos mais resistentes aos vários tipos de atritos mecânicos. Há também importância em produtos de maior qualidade, como tecidos mais macios, volumosos, flexíveis, que possuem bom caimento em confecções.

Sendo assim, neste trabalho foram realizados dois estudos que tiveram como objetivos: modelar a distribuição espacial e o mapeamento das perdas na colheita mecanizada do algodão em duas velocidades de colheita (5 km h^{-1} e 7 km h^{-1}), utilizando a geoestatística como ferramenta no entendimento da relação da planta do algodão com as perdas na colheita (Experimento 1), e avaliar as perdas quali-quantitativas da fibra em cinco velocidades de colheita (5, 6, 7, 8, e 9 km h^{-1}) (Experimento 2).

Para atingir ao objetivo proposto, esta dissertação foi estruturada em três capítulos. O primeiro capítulo apresenta o embasamento teórico necessário para compreender os temas abordados. O segundo capítulo apresenta-se em formato de artigo, apresentando as perdas na colheita mecanizada do algodão em dois talhões, colhidos um a 5 km h^{-1} e outro a 7 km h^{-1} , utilizando a geoestatística. No terceiro capítulo, estudou-se a relação das perdas quali-quantitativas da fibra com a velocidade de deslocamento da colhedora. Ressalta-se que cada capítulo apresenta formatação independente, de acordo com as normas da revista que pretende-se publicar.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Cultura do algodão

A agricultura brasileira experimentou recentemente profundas transformações, pois, em pouco tempo a cultura do algodão passou de cultivo familiar para produção em grande escala, com altos investimentos de capital e tecnologia, principalmente nos cerrados da região Centro-Oeste (ELEUTÉRIO, 2001).

As mudanças recentes ocorridas na cotonicultura brasileira acarretaram um intenso processo de reestruturação produtiva no setor, cuja face mais aparente foi a transferência geográfica da produção, das regiões tradicionais de São Paulo e Paraná, para as novas regiões produtoras no cerrado brasileiro, notadamente o Mato Grosso, Goiás e o oeste da Bahia (FERREIRA FILHO e ALVES, 2008). As facilidades devido à declividade do terreno, da mecanização completa da atividade, especialmente a colheita, permitem maior homogeneização das características da fibra, com elevado padrão tecnológico, agregando rendimentos médios elevados, além do fato das condições climáticas proporcionarem o crescimento favorável do algodão (URBAN et al., 1995).

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch) é uma planta de elevada complexidade morfofisiológica. Ao longo do crescimento, seus órgãos vegetativos competem com os órgãos reprodutivos pelos fotoassimilados, que leva ao surgimento de frutos (drenos) junto às folhas verdes (fontes). Além de apresentar metabolismo fotossintético pouco eficiente (C₃), possui também estrutura do dossel que proporciona distribuição irregular da luz e estrutura planofilar das folhas, que causam sombreamento para as folhas no terço inferior. Possui dois tipos de ramificações, simpodiais (reprodutivas) e monopodiais (vegetativas), dois tipos de folhas (dos ramos ou vegetativas e frutíferas) (MAUNEY et al., 1979).

A planta do algodoeiro tem seu crescimento e desenvolvimento fortemente influenciados pela temperatura, sendo aproximadamente 30°C o valor ideal. Com isso, a determinação da exigência térmica para cada fase de crescimento é uma forma de esclarecer e predizer a ocorrência dos eventos e sua duração durante as fases de crescimento e desenvolvimento. Esta determinação, referindo-se a unidades de calor (UC), é obtida pelas medidas das temperaturas máximas e mínimas diárias e subtraída da temperatura base (OOSTERHUIS, 1999).

Com relação ao estresse hídrico, este pode provocar diminuição do alongamento celular, devido ao decréscimo da parede celular (COTHREN, 1999), assim como, a disponibilidade de água em altos índices, pode atrasar a maturação da fibra (deposição da celulose) pelo estímulo à competição por assimilados entre os capulhos e o crescimento vegetativo (HEARN, 1994).

De acordo com Lamas (2006), dependendo do sistema de produção utilizado, a cultura do algodoeiro pode ser conduzida com técnicas que variam desde as mais simples, como operações manuais e tração animal, até lavouras altamente mecanizadas.

Bakhsh et al. (2015) afirmam que pesquisadores de algodão têm procurado há anos, melhorar a qualidade do algodão por meio de melhoramento genético; no entanto, devido à disponibilidade limitada de germoplasma resistentes à determinados insetos, pragas e doenças, os avanços nesta vertente do melhoramento de algodão têm sido um desafio. Porém, os mesmos autores ainda citam que o progresso em sistemas de melhoramento genético de algodão aprimorou o caminho para as pesquisas, permitindo que os pesquisadores transfiram genes específicos entre as espécies.

Com o desenvolvimento da primeira planta de algodão geneticamente modificada em 1987, várias características, como resistência a insetos, vírus, bactérias e fungos, foram relatadas no vegetal, assim como tolerância à seca, variação de temperatura e alguns herbicidas (BAKHSH et al., 2015).

1.2.2 Característica e classificação da fibra do algodão

A fibra do algodão é uma célula simples e durante seu desenvolvimento, é um organismo vivo. A fibra sem vida (inerte) é a resultante de um processo biológico que se realiza durante um período de 50 a 70 dias, depois dos quais se obtém a fibra com suas principais características. Sendo a fibra um organismo vivo, durante a sua formação, as suas características, apesar de serem controladas por fatores hereditários, sofrem decisiva influência do tipo de solo e das condições ambientais (SESTREN e LIMA, 2015).

A morfologia da fibra do algodão assemelha-se a um tubo achatado, com certo número de torções, pela vista longitudinal (Figura 1-A), e transversalmente (Figura 1-B), apresenta formato circular ou elíptico. Quando maduras, as fibras imaturas, assemelham-se a um grão de feijão, com formato de “U” (Figura 1-C). A composição da fibra apresenta aproximadamente 94% de celulose, 1,3% de proteína, e os demais constituintes de cinza, substâncias pécticas, ácidos málicos, ceras, pigmentos e açúcares (SESTREN e LIMA, 2015).

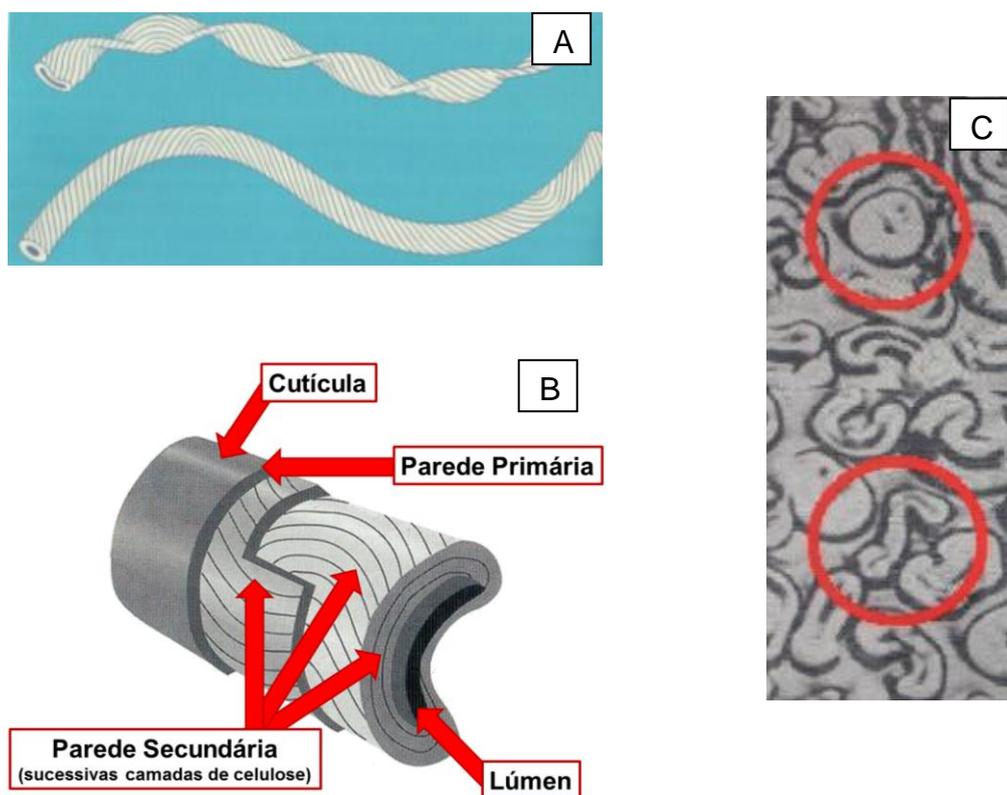


Figura 1. Estrutura da fibra do algodão sentida longitudinal (A), corte transversal (B) e fibra madura e imatura (C). Fonte: Zellweger Uster, Uster Product News, Set. 1992.

Sestren e Lima (2008) citam que as características da fibra são fundamentais na determinação da qualidade da matéria-prima, sendo primordiais na comercialização e industrialização do algodão. A correta medição das propriedades das fibras fornece ao produtor e consumidor informações importantes para avaliação, o que conseqüentemente norteia a pesquisa agrônômica.

A parede primária, que é protegida pela cutícula, é responsável pela finura e o comprimento da fibra. A parede secundária, que corresponde ao corpo da fibra é composta por celulose e é encarregada pela maturidade da fibra, sendo formada pela sucessiva sobreposição de capas de celulose em camadas concêntricas (SANTANA et al., 2008).

A primeira fase do desenvolvimento da fibra, refere-se à formação da parede primária, que corresponde ao alongamento e crescimento da fibra e a seguir, do espessamento da parede secundária, que passa a ocupar o espaço da parte interna da fibra, chamada de lúmen, um canal central, no qual se encontram resíduos protoplasmáticos, de natureza protéica. Quanto maior a maturidade da fibra, melhor será a fixação das cores no tingimento (SANTANA et al., 2008).

Antes da década de 1960, a classificação da fibra de algodão era subjetiva e às vezes tendenciosa, pois se baseava na observação humana aliada apenas a microscópios e escalas. Ao longo dos anos, o USDA (*United States Department of Agriculture*) e outras organizações estabeleceram padrões para a classificação da fibra de algodão e várias técnicas (ópticas, físicas e químicas) foram desenvolvidas e empregadas na determinação desses padrões (LIU et al., 2010). Entre as décadas de 1960 e 1970 surgiu o HVI (*High Volume Instruments*) que foi introduzido pelo USDA para determinação da cor e de algumas propriedades físicas da fibra de algodão, tais como reflectância*, resistência, comprimento, *micronaire* e uniformidade (CONRAD, 1944).

Para a classificação HVI, usa-se códigos para a identificação. O primeiro dígito é relativo ao tipo visual do algodão (em que o tipo 1 é o melhor e o 8 já é considerado fora do padrão), o segundo dígito refere-se a cor (1 – branco, 2 – ligeiramente creme, 3 - creme, 4 - avermelhado) e o terceiro dígito representa a quantidade de impurezas e folhas designado pelo grau de folha da amostra (1 é o menor número de folhas e impurezas e 8 é fora do padrão) (BRASIL, 2002). Exemplificando, a amostra com código 11-1 seria, classificada como algodão ótimo, branco e livre de impurezas, amostra esta de qualidade superior à outra de código 13-7, a qual é classificada como algodão ótimo, cor creme e altíssima quantidade de impurezas.

*Reflectância: proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido.

A Instrução Normativa nº 63, de 05 de dezembro de 2002, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) define os termos empregados para a fibra de algodão em pluma e para os subprodutos da sua industrialização de acordo com o Art. 1º.

“Art 1º - Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Algodão em Pluma, e define os termos (BRASIL, 2002):

1. *Micronaire* da fibra: é o índice determinado pelo complexo finura/maturidade da fibra.
2. Comprimento médio da fibra (UHM): comprimento médio da metade das fibras mais longas.
3. Índice de uniformidade do comprimento da fibra (UI): é a relação entre o comprimento médio (ML) e o comprimento médio da metade das fibras mais longas (UHM), expresso em porcentagem.
4. Resistência da fibra: é a força, em gramas, requerida para romper um feixe de fibras de um tex, que equivale ao peso em gramas de 1000 metros de fibra.
5. Alongamento: é quanto o material cede no sentido longitudinal até o momento de rotura, expresso em percentual, em função do comprimento inicial de prova.
6. Grau de reflexão das fibras (% Rd): é o valor correspondente à quantidade de luz refletida pelas fibras de algodão, expresso em percentual, indicando a brancura da luz refletida pelas fibras de algodão.
7. Grau de amarelecimento das fibras (+b): é o valor correspondente ao amarelecimento das fibras com a ajuda de um filtro amarelo.
8. Diagrama ou grau de cor das fibras: é o valor obtido a partir do grau de reflexão e do grau de amarelecimento”.

1.2.3 Colheita mecanizada do algodão

O sucesso da lavoura algodoeira está ligado a um conjunto de operações e processos, os quais devem estar funcionando de acordo com as necessidades de cada atividade dependente. A colheita depende de uma série de outras atividades

que foram realizadas anteriormente e que influirão diretamente no sucesso desta etapa (CARVALHO, 1999).

Segundo a Embrapa (2006) a colheita do algodão deve ser realizada no tempo certo e com todo o cuidado devido seu hábito de crescimento indeterminado, para que se possa colher o máximo de algodão sem que haja prejuízo tanto no tipo quanto na qualidade do produto colhido.

A modernização da lavoura do algodão por meio de grandes plantios comerciais e escassez de mão de obra no meio rural contribuíram para a utilização, em larga escala, da mecanização do cultivo, em que a colheita realizada com colhedoras automotrizes é um dos principais segmentos necessários para viabilizar a exploração da cultura em grandes áreas (SILVA, et al. 2006).

A colheita mecanizada, realizada por colhedoras automotrizes, é extremamente vantajosa em relação à colheita manual, principalmente pelo fato dos custos operacionais serem reduzidos e de a operacionalização proporcionar o cultivo em grande escala, viabilizando assim as exportações (EMBRAPA, 2006).

Para a colheita da cultura do algodão, existem dois tipos de máquinas: a colhedora de fusos (*picker*), que retira apenas o algodão em caroço e a colhedora *stripper*, dotada de sistema de roldanas, que retira capulhos inteiros e os invólucros (EMBRAPA, 2006).

Belot et al. (2002) relata que a colhedora do tipo *stripper* é duas a três vezes mais barata que a colhedora *picker*, tanto para a compra como para manutenção. As colhedoras *stripper* possuem um conjunto de dedos formando um pente (largura entre 3,0 a 7,2 m), um molinete, um caracol e dutos com jatos de ar para transportar o algodão até o sistema de pré-limpeza, localizado próximo ao cesto de armazenamento (SOFIATTI et al., 2010). No sistema *stripper* o molinete bate nas plantas quebradiças e a máquina recolhe os capulhos com brácteas e fragmentos lenhosos (MARTIN, 2006).

1.2.4 Colheita com sistemas de fusos ou *picker*

As colhedoras do tipo *picker* têm como principal elemento os fusos em rotação, que extraem de forma seletiva o algodão em caroço dos capulhos abertos

da planta do algodão, sem puxar as casquilhas; em seguida ele é desprendido dos fusos com desfibradores de borracha (*doffer*) e levado para o cesto armazenador da máquina por correntes de ar (BELOT e VILELA, 2006).

De acordo com Silva et al. (2010) a vantagem da colhedora com sistemas de fusos é sua alta capacidade de colheita (quantidade de algodão colhido) em função da sua velocidade de descolamento, podendo ser de 5 a 6,5 km h⁻¹, porém, Yamaoka (2010) relata que a mesma colhedora origina maiores perdas e exige altos níveis de produtividade e índices de ocupação na plataforma para que seja significativamente viável.

Dentre as colhedoras disponíveis no mercado brasileiro, a colhedora John Deere 7760 possui seis plataformas colhedoras, sendo recomendada a operar a uma velocidade média de 6,8 km h⁻¹. Esta máquina tem sido descrita como uma colhedora híbrida de algodão; produz fardos redondos que são cobertos com uma película de polietileno que protege o algodão e proporciona uma força de compressão necessária para manter a densidade do mesmo. Estes fardos podem ter diâmetro de 2,44 metros e largura de 2,39 metros e, dependendo do teor de água, pode apresentar massa entre 2000 e 2600 kg (SLUIJS et al., 2015).

A CASE IH apresenta uma colhedora que também oferece a possibilidade de eliminar tratores, bass-boys, pois realiza os fardos na própria máquina, que são compactados durante a colheita em formato retangular, a capacidade do cesto varia de 1814 kg a 5443 kg. Possui 298 kW (405 cv) de potência, velocidade de colheita de 6,8 km h⁻¹ em primeira marcha. Os tambores colhem em ambos os lados das plantas (CASE, 2011).

1.2.5 Funcionamento da colhedora de algodão

A unidade de colheita de fusos é constituída de vários elementos (Figura 2). Conforme a máquina se desloca, a guia das plantas (Figura 3A) elevam, reúnem e conduzem as plantas aos tambores recolhedores. Os tambores, por sua vez, são compostos por fusos giratórios (Figura 3B) que são previamente umedecidos e limpos por escovas umidificadoras (Figura 3C), são os fusos a parte ativa da máquina que colhem os capulhos das plantas (Silva, 2008).

As colhedoras são equipadas com dois tambores colhedores, um dianteiro e outro traseiro, no dianteiro são colhidos em média 75% do algodão, por este motivo o tambor traseiro deve apresentar um ajuste mais apertado nas placas de pressão. Os tambores possuem fusos que giram de forma sincronizada ao deslocamento da máquina, colhendo a pluma com o mínimo de impurezas. As barras verticais podem possuir entre 18 a 20 fusos (Silva, 2015).

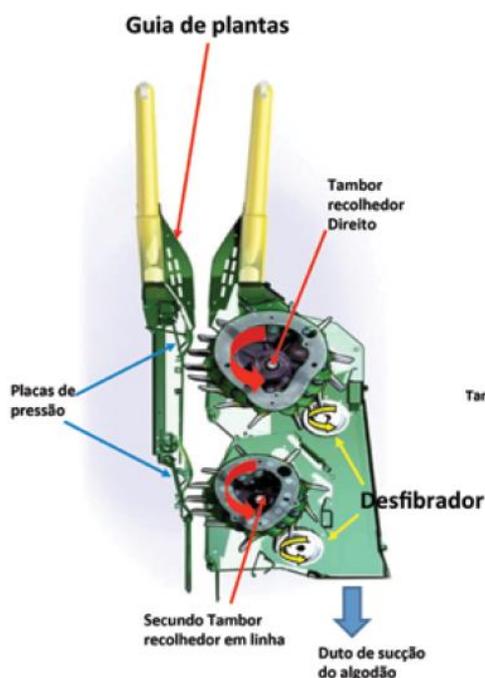


Figura 2. Esquema de funcionamento da unidade colhedora por fusos. Fonte: Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso, 2012/2013.

As placas de pressão servem para comprimir as plantas sobre os tambores visando à máxima coleta da pluma pelos fusos (Figura 3D). Quanto maior a pressão das placas, menores serão os índices de perdas, porém aumentam o conteúdo de impurezas, uma vez que colherá parte das casquilhas. A extração do algodão dos fusos é realizada por meio dos discos desfibradores (Figura 3E) giratórios de uretano, e os mesmos logo são conduzidos por correntes de ar até os dutos de elevação, que absorve o algodão das unidades colhedoras e os transporta até o cesto armazenador.

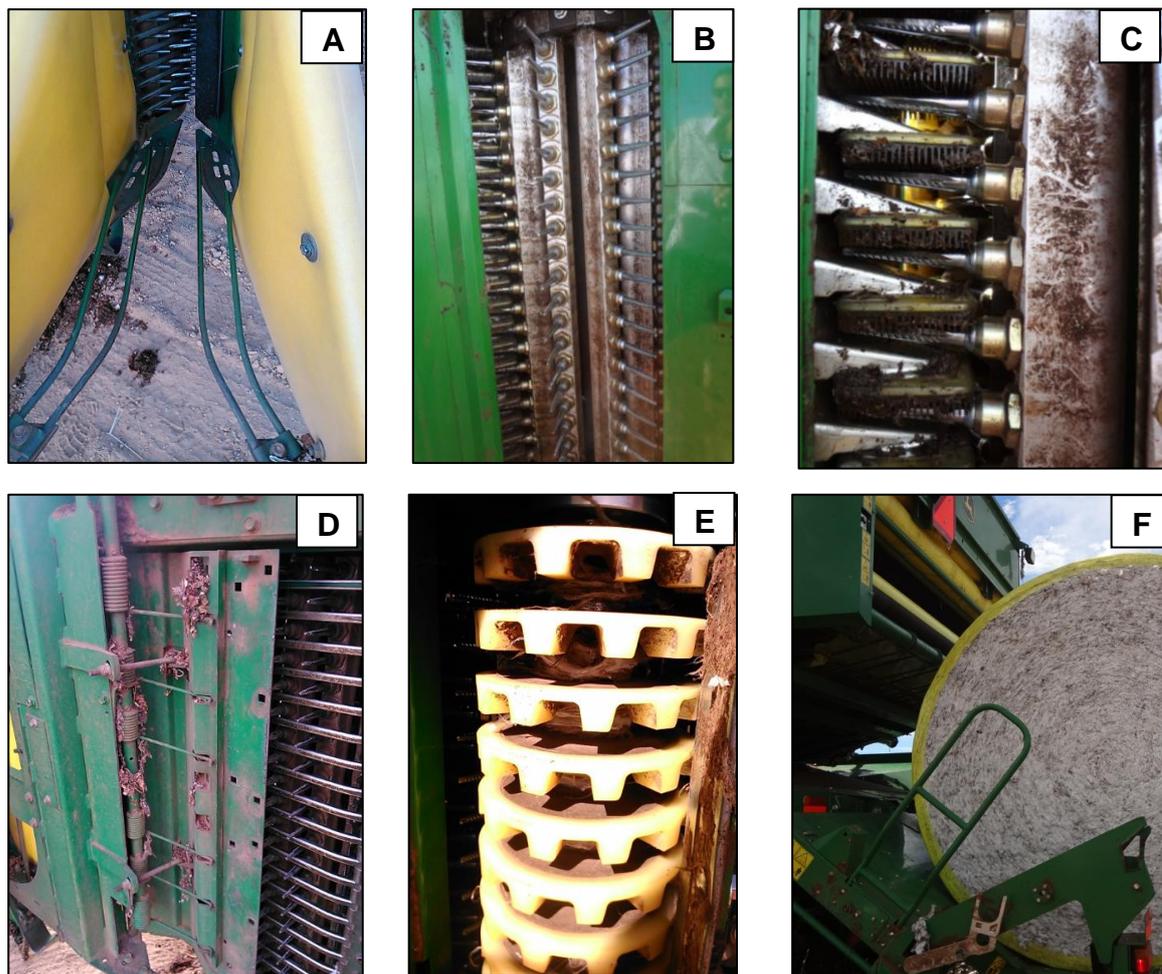


Figura 3. Principais constituintes das unidades de colheita. A) guia das plantas; B) fusos colhedores; C) escovas umidificadoras; D) placas de pressão; E) discos desfibradores; F) fardo cilíndrico embalado em filme de polietileno. Foto: Elizabeth Kazama.

As últimas colhedoras são equipadas com módulos enfardadores junto às colhedoras, tornando o processo mais eficiente, uma vez que elimina a operação de prensa e transporte feita antigamente pelo bass boy. Nas máquinas do modelo Case, o fardão é de aproximadamente cinco toneladas, e são de formato retangular. Para as colhedoras da marca John Deere, os fardos são cilíndricos e possuem em média 2,5 toneladas, sendo embaladas em um filme de polietileno (Figura 3F). Este processo permite que a máquina desempenhe uma colheita contínua, sem paradas para descarregamento do produto colhido (Silva, 2015).

A formação dos fardões de colheita é realizada pelo módulo acumulador, um sistema que é equipado com sensores de nível de algodão, que projetam um feixe de infravermelho, neste sistema, quando o acumulador atinge o topo, o feixe é interrompido, e inicia o processo de formação do módulo. O algodão é então direcionado para o construtor do módulo, que gira a uma taxa consistente, e rolos de medição, rolos batedores e rolos de acionamento por correia de alimentação formam um módulo de algodão, que possui tamanho pré-definido. Quando o tamanho do módulo atinge a capacidade pré definida, o processo de enfardar no filme de polietileno é iniciada. A solenoide de controle é energizada para os motores dos cintos enfardadores. Quando o ciclo do módulo do envoltório é concluído, a unidade de controle envia uma mensagem ao visor do centro de comando para alertar o operador que o módulo está concluído e que está pronto para ser ejetado. O processo de ejeção é automático, porém deve ser iniciada pelo operador, que pode optar por ejetar o fardo em um local adequado, próximo aos carregadores (John Deere, 2015).

1.2.6 Perdas na colheita

Para observar erros que podem ocorrer durante o processo de colheita e para que os mesmos possam ser corrigidos, é importante monitorar as perdas na colheita, que podem ser quantitativas (algodão que se encontra no solo, que permanece na planta após passagem da colhedora e perda de massa devido ao atraso na colheita e regulagem da máquina) e qualitativas (mistura com outras partes da planta, maturidade da fibra, excesso de umidade, redução da resistência das fibras, variação no comprimento, elasticidade e da coloração das fibras) (FERRONATO et al., 2003).

Beltrão e Souza (1999) afirmam que devido às condições adversas tanto no decorrer do ciclo da cultura quanto na colheita, os resultados obtidos não são os esperados considerando o trabalho e investimentos aplicados pelo produtor. Fatores de manejo cultural, como população, espaçamento de fileiras, ponto de maturação, tipo de solo, variedade e altura de plantas entre outros, podem interferir na qualidade do produto.

Além disso, deve-se observar alguns cuidados no momento da colheita do algodão, seguindo alguns critérios técnicos como a escolha da velocidade adequada de operação das máquinas e do horário de colheita (umidade da fibra), pois no momento da colheita é desejável que haja insolação total e escassez hídrica, uma vez que a energia solar é um dos componentes principais para a abertura dos frutos (BELTRÃO e SOUZA, 1999).

O treinamento dos operadores e demais funcionários envolvidos, condições de colheita, regulagens da máquina, tipo de colhedora utilizada e fatores climáticos também podem interferir na redução das perdas de produtividade durante o processo de colheita mecanizada (SANTOS, 2005)

De acordo com Heiffig (2002), a escolha de cultivares adequada, a região da sementeira, a época da sementeira e os tratos culturais estão entre os principais fatores para minimização das perdas na colheita e obtenção de boa produtividade.

Assim como ocorre em todos os processos de colheita mecanizada, também na cultura do algodão podem ocorrer perdas quantitativas. Vieira et al. (2001) citam como aceitável um índice máximo de 10% de perdas, e que a faixa ideal encontra-se entre 6 e 8%. De acordo com Rangel et al. (2003) as perdas com o processo de colheita mecanizada de algodão podem variar de 5 a 15%, podendo chegar a menos de 5% nos casos de boa regulação de máquinas e utilização de operadores capacitados.

Resultados obtidos por Silva et al. (2007) para a colheita de algodão em uma propriedade na região Sul de Goiás, em condições de cerrado, encontraram valores de perdas correspondentes a 11,4; 5,3 e 16,7%, para as perdas no solo, na planta e totais, respectivamente.

De acordo com Embrapa (2006) durante a colheita mecanizada ocorrem perdas quantitativas da ordem de 15 a 17%, enquanto que na colheita manual estas perdas não ultrapassam, em média, 5%. Em se tratando de perdas qualitativas a colheita mecanizada chega a 35%, e a manual 5%.

Os objetivos primários para o aprimoramento da colheita mecanizada do algodão foram o desenvolvimento de mais linhas de colheita, aumentando de uma para seis linhas e na velocidade de deslocamento, de 3 km h⁻¹ para 8 km h⁻¹. Como a colhedora de algodão se tornou maior, mais pesada e mais rápida, a velocidade de

rotação dos fusos aumentou de 2000 para 4000 rpm (BAKER et al., 2015). Baker et al. (2010) descrevem que os neps e o conteúdo de fibras curtas aumentaram quando a velocidade dos fusos aumentou de 2000 para 4000 rpm, para a variedade Pima, demonstrando que a velocidade dos fusos transporta maior quantidade de impurezas e a mesma pode danificar a qualidade da fibra.

1.2.7 Análise geoestatística

Quando se utiliza a chamada estatística clássica para representar as propriedades dos valores amostrais, presume-se que estes sejam realizações de uma variável casual, as posições relativas das amostras são ignoradas e presume-se que todos os valores amostrais tenham a mesma probabilidade de serem escolhidos. A geoestatística procura estudar o comportamento das variáveis regionalizadas, ou seja, que possuem dependência espacial, que sugere que as variáveis não sejam totalmente casuais, e possam ser determinísticas, uma vez que possuem uma continuidade no espaço (LANDIM, 1997).

A continuidade espacial é representada por uma função, que estima um valor definido a cada ponto no espaço, matematicamente descrevendo um fenômeno natural. Tal princípio parte da suposição que a variável apresentará valores mais próximos em pontos vizinhos e valores com maior diferença à medida que os pontos vão ficando mais distantes (LANDIM, 1997)

Sendo assim, o modelo que mostra a medida do grau de dependência espacial entre amostras ao longo de uma distância é definido como semivariograma. O semivariograma é a parte mais importante do processo geoestatístico (Landim, 1997).

A krigagem é um processo de estimação para valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma. A krigagem é um bom estimador, pois leva em consideração todos os valores observados, a partir de uma série de técnicas de análise de regressão, minimizando a variância. (LANDIM, 1997)

Para propriedades espacialmente dependentes, espera-se que a diferença entre valores $[Z(x_i)-z(x+h)]$, em média seja crescente com a distância até um

determinado ponto, a partir do qual se estabiliza um valor, determinado patamar, próximo ao valor da variância. Esta distância recebe o nome de alcance, e representa o raio de um círculo dentro do qual os valores são parecidos uns com os outros e são correlacionados. O valor da semivariância no eixo y tem o nome de efeito pepita puro e representa a variabilidade da propriedade em estudo em espaçamentos menores que os amostrados. Assim, quanto maior for o efeito pepita (C_0), mais fraca é a dependência espacial do atributo (FARIAS, 1999).

O alcance é a linha divisória para aplicação da geoestatística ou estatística clássica, e por isso, o cálculo do semivariograma deveria ser feito rotineiramente para dados a campo, para garantir as hipóteses estatísticas sob as quais serão analisadas (FARIAS, 1999).

Portanto, os objetivos deste trabalho foram estudar as perdas na colheita mecanizada do algodão sob análise geoestatística, e a velocidade considerada mais próxima ao ideal, visando o mínimo de perdas quali-quantitativas e otimizando a capacidade operacional da colhedora.

1.3 REFERÊNCIAS

BAKER, K. D.; HUGHS, E.; FOULK, J. Cotton quality as affected by changes in spindle speed. **Appl. Eng. Agric.**, v. 26, n. 3, p. 363-369, 2010.

BAKER K. D.; HUGHS, E.; FOULK J. Spindle speed optimization for cotton *pickers*. **American society of agricultural and biological engineers**. v 31, n. 2, p.217-225, 2015

BAKHSH, A.; ANAYOL, E.; ÖZCAN, F. S.; HUSSAIN, T.; AASIM, M.; KHAWAR, K. M.; ÖZCAN, S. An insight into cotton genetic engineering (*Gossypium hirsutum* L.) current endeavors and prospects. **Acta PshysiolPlant**. v.37, n.171, p. 1-17, 2015.

BELOT, J. L.; MARTIN, J.; VILELA, P. A.; MARQUES, A.; RODRIGO, M. **Avaliação dos sistemas de cultivo do algodão em linhas estreitas (NRC) ou ultra estreitas**

(UNRC) com um protótipo de colheitadeira “stripper” fabricado no Brasil. Safra 2002/2003. FACUAL/Unicotton, n. 35. 2002.

BELLOT, J. L.; VILELA, P. M. C. A. Colheita de algodão. In: FACUAL - Fundo de Apoio a Pesquisa do Algodão. **Algodão – Pesquisas e Resultados para o Campo.** Cuiabá: FACUAL, 2006. 390p

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. de. Fitologia do algodão herbáceo. In: BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio do algodão no Brasil.** Brasília: Embrapa, Comunicação para a transferência de Tecnologia, 1999. v. 1, cap. 3, p. 55-86.

BRASIL. Instrução Normativa nº 63, de 5 de dezembro de 2002. Aprova o Regulamento técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Algodão em Pluma. **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 de dezembro de 2002. Seção 1, p.6-8

BRODRICK, R.; BANGE, M. P.; MILROY, S. P.; HAMMER, G. L. Physiological determinants of high yielding ultra-narrow row cotton: Biomass accumulation and partitioning. **Field crops research.** V.134, 122-129, 2012.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia Produtiva do Algodão.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de cooperação para a Agricultura. Série Agronegócios, v. 4, 108 p. Brasília. Jan. 2007.

CARVALHO, L. H.; CHIAVEGATO, E. J. A cultura do algodão no Brasil: fatores que afetam a produtividade. In: CIA E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do Algodoeiro.** Piracicaba: Potafos, 1999. p.1-8.

CARVALHO, L. H.; CIA, E.; FUZZATTO, M. G. SABINO, N. P; KONDO, J. I. Eficiência da colheita mecânica em variedades paulistas de algodoeiro. **Bragantia**, v. 48, p. 579-589. 1984.

CASE, **Module Express 635**. Catálogo da colhedora. 2011 Disponível em: <http://assets.cnhindustrial.com/caseih/LATAM/LATAMASSETS/Folhetos/Colhedoras%20e%20Colheitadoras/module-express-folheto.pdf> . Acesso em 10 de fevereiro de 2016.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos safra 2015/16, quarto levantamento, janeiro 2016**. Brasília, DF 152p. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>

CONRAD, C. M. Determination of Wax in Cotton Fiber A New Alcohol Extraction Method. **Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition**, v. 16, n. 12, p. 745-748, 1944.

Costa JN, Santana JCF, Wanderley MJR, Andrade JEO, Sobrinho RE (2006) **Padrões Universais para Classificação do Algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão. (Documentos, 151). 23 p

COTHREN, J. T. Physiology of the cotton plant. In: SNITH, C. W.; COTHREN, J. T. (eds.). **Cotton: origin, history, technology and production**. Texas: John Wiley, 1999. Cap. 22, p. 207-268.

DINIZ, R. A. V. **A aplicação da metodologia Geoestatística para a classificação geomecânica de uma camada da “hangwall” na mina São Bento – MG**. São Carlos, 1997. 154 p. Dissertação (Mestrado em geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ELEUTÉRIO, J.R. Colheita mecânica: avaliação das perdas e otimização. In: Congresso Brasileiro De Algodão, 3., 2001, Campo Grande. **Anais...**Campina Grande: EMBRAPA/ CNPA, 2001, p.11-14.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Padrões Universais para Classificação do Algodão**. 2006. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPA/18321/DOC151.pdf>

EMBRAPA ALGODÃO. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Algodão Irrigado**. 2014. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7717&p_r_p_-996514994_topicId=7975>

FARIAS, P. R. S. **Distribuição espacial do nematoide reniforme com o uso da geoestatística, em um solo com rotação de culturas**. 1999. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1999.

FAULKNER, W. B.; WANJURA, J. D.; BOMAN, R. K.; SHAW, B. W.; PARNELL, C. B. Evaluation of modern cotton harvest systems on irrigated cotton: economic returns. **Applied engineering in agriculture**, v.27(4): 515-522, 2011.

FERREIRA FILHO, J. B. de S.; ALVES, L. R. A. Aspectos econômicos do algodão no Cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, DF: ABRAPA, 2007. Cap. 2, 53-90.

FERRONATO, A. et al. Avaliação e análise de perdas na colheita da cultura do algodão na região sudeste do estado de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia. **Anais...** [S.l.: Sn], 2003. 1CD ROM. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/202.pdf>. Acesso em 15/09/2015.

GORDON, S.; HSIEH, Y.-L., Eds. **Cotton: Science and Technology**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 2007.

HEARN, A. B. 1994. The principles of cotton water relations and their application in management. P. 66-92. In G.A. Constable and N.W. Forrester (ed.) **Challenging the future. Proc. World Cotton Conf. I. 14-17 Feb. 1994**, Brisbane, Australia. CSIRO, Australia.

HEIFFIG L.S. **Plasticidade da cultura de soja (*Glycinemax (L) Merrill*) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

John Derre. **CP 690 Cotton picker**. Manual, 2015. Disponível em: http://manuals.deere.com/omview/OMKK29381_19/?tM=

KALIVAS, D. P.; VLACHOS, C. E.; ECONOMOU, G.; DIMOU, P. Regional mapping of perennial weeds in cotton with the use of geostatistics. **Bio One**. v.60, n.2, p.233-243. 2012.

KUAI, J.; ZHOU, Z.; WANG, Y.; MENG, Y.; CHEN, B.; ZHAO, W. The effects of short-term waterlogging on the lint yield and yield componentes of cotton with respect to boll position. **European Journal of Agronomy**, v. 67, 61-74, 2015.

LAMAS, F. M. Semeadura, espaçamento e densidade. In: MORESCO, E. (Org.). **Algodão: pesquisas e resultados para o campo**. Cuiabá: Fundo de Apoio à Cultura do Algodão, 2006. p. 82–93.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo, Ed. UNESP, 1997. 226p.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J. **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo**. 1995. 99f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

LIU, Y.; GAMBLE, G.; THIBOBEAUX, D. UV/visible/near-infrared reflectance models for the rapid and non-destructive prediction and classification of cotton color and physical indices. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 53, n. 4, p. 1341-1348, 2010.

MARTIN, J. Avanços das pesquisas sobre o algodão ultra-adensado. In: FACUAL – Fundo de apoio a pesquisa do algodão. **Algodão – pesquisas e resultados para o campo**. Cuiabá: FACUAL, 2006. 390 p.

MAUNEY, J. R.; GUINN, G.; FRY, K. E.; HESKETH, J. D. Correlation of photosynthetic carbon dioxide uptake and carbohydrate accumulation in cotton, soybean, sunflower and sorghum, **Photosynthetic**, Prague, v. 13, p. 260-266, 1979.

OOSTERHIUS, D.M. Growth and development of a cotton plant. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. dos (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. P. 35-55.

RANGEL, L. E. P.; SILVA, O. R.; MENEZES, V. L. Avaliação de perdas na colheita mecânica em dez variedades de algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4, 2003. Goiânia. **Anais...** Campina Grande: Embrapa CNPA, 2003. 1 CD.

SANTANA, J. C. F.; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; LEÃO, A. B.; VIEIRA, D. J. Características da fibra e do fio do algodão. In: BELTRÃO, N. E. MACEDO, AZEVEDO, D. M. P. (eds). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2008 (Cap 31) p. 1101-1120.

SANTOS, J. B.; FREIRE, E. C.; PEDROSA, M. B.; SILVA FILHO, J. L.; FERREIRA, G. B.; TAVARES, J. A.; ALENCAR, A. R.; EVANGELISTA, R. C. C.; OLIVEIRA, W. P. Avaliação da Perda em Produtividade de Cultivares de Algodoeiro em Função da Colheita Mecanizada no Oeste da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5, 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa CNPA, 2005. 1 CD.

SESTREN, J. A.; LIMA, J. J. **Características e classificação da fibra do algodão.** P 653-749. In FREIRE, E. C. (ed). Algodão no cerrado do Brasil. Brasília: Positiva, 2015. Cap. 19

SILVA, O. R. R. F. da; A.C. de B.; LAMAS, F.M.; FONSECA, R.G. da; BELTRÃO, N.E. de M. **Destruição dos restos culturais, colheita e beneficiamento do algodoeiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (circular Técnica, 99)

SILVA, O. R. R. F. da.; SOFIATTI, V.; BELOT, J. L. Colheita do algodão adensado. In: **O Sistema de Cultivo do Algodoeiro Adensado em Mato Grosso.** Cuiabá. Editora Defanti. 390 p. 2010.

SILVA, O. R. R. F. da.; BELTRÃO, N. E. M.; MEDEIROS, J. C.; CARTAXO, W. V. Colheita, transporte e armazenamento. In: BELTRÃO, N. E. MACEDO, AZEVEDO, D. M. P. (eds). **O agronegócio do algodão no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2008 (Cap 38) p. 1295-1309.

SILVA, O. R. R. F. da.; SOFIATTI, V.; MION, R. L. Colheita mecanizada de algodão. In: **Algodão no cerrado do Brasil – Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA).** Brasília: Positiva, 942 p. 2015.

SJOLANDER, A. J.; THOMASSON, J. A.; SUI, R.; GE, Y. Wireless tracking of cotton modules. Part 2: Automatic machine identification and system testing. **Computer and electronics in agriculture**, v. 75, 34-43, 2011.

SLUIJS, M. HJ. V. D.; LONG, R. L.; BANGE, M. P. Comparing cotton fiber quality from conventional and round module harvesting methods. **Textile research journal**. v.85, n.9, p. 987-997, 2015.

SOFIATTI, V.; SILVA, O. R. R. F. da.; BELOT, J. L. **A colheita do algodão adensado. O Sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso**. Cuiabá. Editora Defanti. 390 p. 2010.

STROUP, W. W.; BAENZIGER, P. S.; MULITZE, D. K. Removing spatial variation from wheat yield trials: a comparison of methods. **Crop Science**, v. 34, p. 62-66, 1994.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V.. H.; SCHAEFER, G. R. Eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 1 CD-ROM.

URBAN, M. L. de P.; BESEN, G. M . V.; GONÇALVES, J. S.; SOUZA, S. A. M. Abrindo o fardo de algodão; caracterização dos efeitos da crise na cotonicultura do Centro-Sul brasileiro. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 25, n. 10, p. 33-59, out. 1995.

VIEIRA, C.P.; CUNHA, L.J.C.; ZÓFOLI, R.C. Colheita. In: **Algodão: Tecnologia de Produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p.273-6.

YAMAOKA, R. S. Estado da arte de algodão adensado na Argentina, Paraguai e Brasil. In: IMAMT. Instituto Mato-Grossense do Algodão. **O Sistema de Cultivo do Algodoeiro Adensado em Mato Grosso**. Cuiabá. Editora Defanti. 390 p. 2010.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; MEDEIROS, J. da C.; SANA, R. S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.6, p.595-602, 2014.

CAPÍTULO 2 - VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE ALGODÃO

E. H. Kazama¹; R. P. Silva¹; G. T. Pereira¹; W. G. Vale²

¹ Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Via de acesso prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Vila Industrial, Jaboticabal, São Paulo, Brazil.

² Instituto de Agricultura e Ciências Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato, 1200, Setor Industrial. Sinop, MT, Brasil.

bethkazama@hotmail.com, (16) 9 9743-6751.

RESUMO – A variabilidade espacial é uma ferramenta que pode auxiliar na compreensão do processo de perdas na colheita mecanizada do algodão. Diante disto, objetivou-se modelar a distribuição espacial e mapear as perdas na colheita mecanizada do algodão em duas velocidades de colheita: 5 e 7 km h⁻¹, por meio da geoestatística, correlacionando as perdas com variáveis agrônômicas. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2014/2015 em Itiquira-MT, Brasil. Foram marcados 64 pontos amostrais, dos quais, 28 pontos estavam equidistantes a cada 50 m, e 36 pontos a cada 10 m, para o talhão colhido a 5 km h⁻¹, e no talhão colhido a 7 km h⁻¹, em áreas adjacentes, somando 10,5 ha. Em cada ponto da malha amostral foram avaliadas variáveis agrônômicas das plantas e as perdas de algodão no solo, na planta (dividida em terços inferior, médio e superior) e a somatória de ambas, perfazendo a perda total. Observou-se a forte relação das perdas na planta com o terço inferior, com a população de plantas e a altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo, variáveis que podem interferir nas perdas na planta e no solo na menor velocidade. As perdas de algodão no solo são a principal fonte de perdas no processo de colheita. O alcance da dependência espacial das perdas foi em média 40 a 60 m. A velocidade de colheita pode influenciar na dependência espacial das perdas no terço médio e superior da planta, uma vez que nestas variáveis ocorreu efeito pepita puro para a velocidade de 7 km h⁻¹, ou a população de plantas pode ter influenciado nesta dependência.

Palavras-chave: geoestatística, *Gossypium hirsutum*, agricultura de precisão, velocidade de colheita, krigagem.

SPATIAL VARIABILITY OF LOSSES IN MECHANICAL HARVESTING OF COTTON

The spatial variability is a tool that can help understanding the process of losses in mechanized cotton harvesting. In view of this, the objective was to model the spatial distribution and mapping losses in mechanical harvesting of cotton in two harvest speeds, at 5 km h⁻¹ and 7 km h⁻¹, using the geostatistical technique. The experiment was conducted in the agricultural year 2014/2015, in Itiquira-MT, Brazil. It were marked 64 sampling points, of which 28 points were

equally spaced every 50 m, and 36 points every 10 m, for field harvested at 5 km h⁻¹, and the same plot in the área harvested at 7 km h⁻¹, in 10,5 ha of área. At each point agronomic traits of plants were evaluated, as well as losses of the cotton in the soil, in the plant (divided into thirds, lower, middle and upper) and the sum of the two, making the total loss. There was a strong relationship of losses in the plant with the lower third, with the population of plants and the insertion height of the first reproductive branch, variables that can interfere with losses in plant and soil in the lower speed. The losses of cotton in the ground are the main source of losses in the process of harvesting. The average distance to reach the spatial dependence of the losses was 40-60 m. The harvesting speed influence the spatial dependence of the losses in the medium and upper third of the plant, since these variables occurred nugget effect in the plot harvested at 7 km h⁻¹. The greater extent of the losses are in the line of sowing and harvester.

Key words: geostatistics, *Gossypium hirsutum*, precision agriculture, harvest speed.

INTRODUÇÃO

As perdas na colheita da cultura do algodão, tanto quantitativas quanto qualitativas, representam perdas econômicas na lucratividade final do produto e menor eficiência no final do ciclo, justamente no momento em que espera-se colher todos os investimentos e esforços que foram demandados durante o manejo da cultura.

No que se refere às perdas de colheita do algodoeiro, Ferreira (2013) em experimento de algodão adensado, avaliando os sistemas mecanizados picker e stripper, em Mato Grosso, observou perdas totais de 13,5% em sistema *picker* (fusos) e 9,5% em sistema *stripper* (pente). Vieira (2001) adota como critério máximo aceitável para perdas na colheita do algodoeiro de 10%.

Ferreira et al. (2014) observaram que houve aumento nas perdas da colheita mecanizada do algodoeiro em duas velocidades de deslocamento, de 3,6 e 7,2 km h⁻¹, ocorrendo perdas de 10,6% e 14,1%, respectivamente, o que representou o aumento de 125 kg ha⁻¹ de perdas entre as velocidades de colheita. Este trabalho evidenciou que as velocidades de deslocamento da colhedora podem interferir nas perdas de algodão do solo, principalmente, pois esta foi a variável que obteve diferenças de médias pelo teste de comparações múltiplas.

A agricultura de precisão surgiu como forte tendência para o manejo das culturas tecnificadas com demandas de necessidade cada vez maiores, já sendo utilizada para práticas baseadas em semeadura, preparo do solo, adubação, aplicação de insumos localizados e produção de mapas de produtividade na operação de colheita. Baseando-se na suposição de que o manejo deve considerar a variabilidade espacial dos atributos, uma vez que as decisões não se baseiam na média do talhão, visto que assume a imprecisão espacial para a variabilidade natural do campo, em especial, nas áreas que diferem significativamente da média (Frogbrook et al., 2002).

Dessa forma, a agricultura de precisão objetiva o gerenciamento mais detalhado do sistema de produção agrícola como um todo, utilizando um sistema de orientação via satélite e técnicas que consideram a variação espacial e temporal dos fatores que a envolvem. Sendo assim, assumindo a hipótese de que exista variabilidade espacial nas perdas da colheita e a mesma relaciona-se com variáveis da planta da cultura cotonícola, busca-se entender o fenômeno das perdas dentro das condições de desenvolvimento específico do algodão.

Neste contexto, a geoestatística surge como uma ferramenta para geração de mapas com maior confiabilidade e precisão, uma vez que assume-se a continuidade espacial geográfica, estimado por meio do semivariograma experimental e da interpolação por meio da krigagem, um estimador que fornece a mínima variância e sem tendência. Estes parâmetros são ideais para mapas de isolinhas permitindo melhor visualização e interpretação dos padrões espaciais (Webster e Oliver, 2009).

Silva et al. (2007) utilizando-se da geoestatística para perdas de colheita no algodoeiro convencional, ajustou um modelo exponencial para o semivariograma de perdas na planta, obtendo dependência espacial moderada, e modelo esférico para perdas totais, obteve forte dependência espacial, porém, não encontrou dependência espacial para perdas no solo, devido ao espaçamento adotado ter sido um espaçamento com amostragem grande, podendo ser o motivo pelo qual não obteve dependência espacial, apresentando efeito pepita puro, ou mesmo, esta variável pode apresentar ausência total de dependência espacial.

Diante do exposto, objetivou-se modelar a distribuição espacial e mapear as perdas na colheita mecanizada do algodoeiro em dois talhões adjacentes, em duas velocidades de colheita a 5 km h^{-1} e a 7 km h^{-1} , utilizando-se a geoestatística. Também estudou-se a correlação das perdas com as variáveis agronômicas da cultura cotonícola.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2014/2015, localizado no município de Itiquira-MT. A área experimental apresenta coordenadas geográficas aproximadas de $16^{\circ}59'69''\text{S}$, $54^{\circ}12'74''\text{W}$ e altitude média de 730 m. O estado do Mato Grosso foi definido devido ser o principal produtor da cultura cotonícola, representando um dos sistemas de produção mais tecnificados desta cultura no Brasil.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o tropical sazonal. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), com 46% de argila e 49% de areia. O algodão

foi produzido em espaçamento de 0,90 m, semeado em 26 de dezembro de 2014, no sistema de semeadura direta. O total acumulado de precipitação no período do ciclo da cultura foi de 645,33 mm.

Em 13 de julho de 2015, quando o algodão (cultivar FM 975WS) se encontrava no estágio C_n (ponto de maturação para colheita), foram demarcados 64 pontos amostrais na linha, para o talhão onde foi realizado a colheita a 5 km h^{-1} (talhão 1) sendo 28 pontos a cada 50 m, e 36 pontos a cada 10 m, a mesma malha amostral foi delineada para a colheita a 7 km h^{-1} (talhão 2) em área de 10,5 ha (Fig. 1), os pontos adensados tiveram a finalidade de captar melhor a estrutura de dependência espacial em escala menor e obter os primeiros pontos do semivariogramas com maior acurácia.

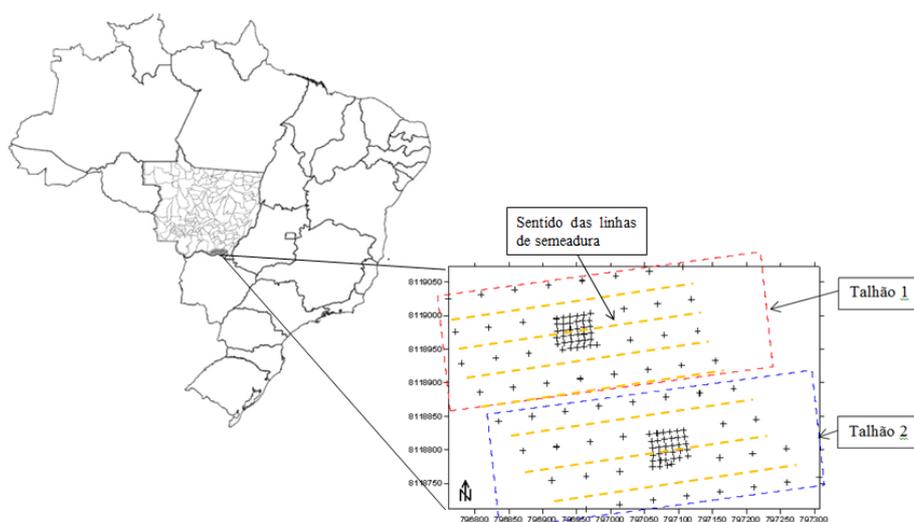


Fig. 1 Croqui da área experimental da colheita mecanizada do algodão dos talhões 1 ($V = 5 \text{ km h}^{-1}$) e 2 ($V = 7 \text{ km h}^{-1}$) em Itiquira, MT, 2015.

Na condução do experimento a colheita foi realizada pela colhedora de algodão, marca John Deere, modelo CP690, sistema de colheita *picker*, ano 2015, com aproximadamente 12 horas de trabalho, potência de 417 kW (567 cv), seis linhas de colheita e plataforma ajustada para o espaçamento entre linhas do algodão de 0,90 m, totalizando 5,40 m.

Avaliações

A produtividade foi mensurada por meio de 20 amostras retiradas aleatoriamente dos talhões 1 e 2, colhendo-se manualmente a pluma do algodão com caroço, sem as impurezas, no interior da armação de $5,40 \text{ m}^2$.

Em cada ponto amostral foram avaliadas variáveis agronômicas das plantas, bem como as perdas do algodão no solo, na planta (dividida em terços, inferior, médio e superior) e a somatória, de ambas, perfazendo as perdas totais.

A população de plantas foi determinada por meio da contagem do número de plantas no interior da armação na ocasião da colheita, extrapolando para hectares. A massa média de um capulho foi obtido pela massa média de 10

capulhos de algodão coletados aleatoriamente em cada ponto. A altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo foi obtido pela média da distância do nível do solo até a inserção do ramo frutífero em três plantas em cada um dos pontos amostrais. O número de capulhos por planta foi realizado pela média de capulhos presentes nas plantas, em três plantas por ponto amostral. A altura de plantas foi realizada pela média de três plantas em cada ponto amostral, medindo-se o nível do solo até o ápice da planta.

Foram determinadas as perdas pré colheita, no solo, na planta e totais seguindo metodologia descrita por Silva et al. (2007). Para as perdas no solo, descontaram-se as perdas pré-colheita, admitindo que as perdas pré-colheita não são ocasionadas devido à operação de colheita. As perdas pré-colheita foram realizadas pela amostragem aleatória de 20 pontos, coletando-se todo o algodão caído sobre a superfície do solo em área útil de 5,40 m², antes da operação de colheita mecanizada. As perdas de algodão no solo foram realizadas após a passagem da colhedora, coletando-se manualmente todo o algodão caído na superfície do solo, na mesma área da armação citada, em todos os pontos amostrais dos talhões 1 e 2. As perdas de algodão na planta foram realizadas coletando-se todo o algodão que permaneceu na planta após a passagem da colhedora, subdividindo as amostras em terço inferior, médio e superior da planta (Fig. 2). As perdas totais foram obtidas pelo somatório de perdas no solo e na planta. A perda percentual foi obtido pela relação com a produtividade média dos talhões 1 e 2.

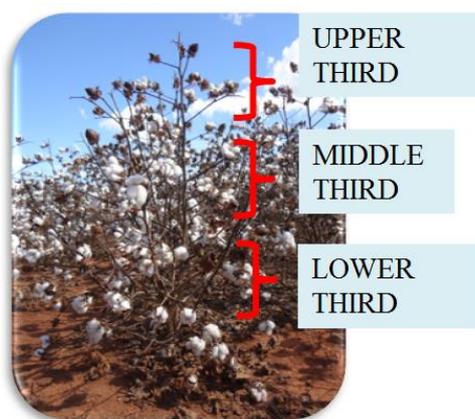


Fig 2. Esquematização das perdas na colheita do algodão nos terços da planta

Análise estatísticas

Inicialmente, a variabilidade das variáveis fisiológicas da planta e as perdas foram avaliadas por meio da estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, coeficientes de variação, mínimo, máximo, assimetria e curtose. Utilizou-se a correlação de Pearson entre as variáveis, afim de compreender a relação das perdas com as variáveis agrônômicas das plantas. A análise da correlação seguiu a classificação de Cohen (1988), classificando como forte (0,50 e 1), moderado (0,30 a 0,49) e fracos entre (0,10 e 0,29).

A dependência espacial foi analisada por meio da geoestatística, com estimativas de semivariogramas experimentais e ajustes de modelos permissíveis. Sob a pressuposição da hipótese intrínseca, os semivariogramas foram estimados pela equação 1 (Burrough e McDonnel, 2006):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2 \quad (1)$$

Em que: $N(h)$ significa o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h . O semivariograma é representado pelo gráfico de $\hat{\gamma}(h)$ versus h .

A partir do ajuste de um modelo matemático aos valores de $\hat{\gamma}(h)$, foram estimados os parâmetros do modelo teórico dos semivariogramas (efeito pepita, C_0 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a). A análise da relação $[C_0 / (C_0 + C_1)]$ foi expressa de acordo com a classificação de Cambardella et al. (1994), demonstrando o grau de dependência espacial (GDE), classificada como forte $[C_0 / (C_0 + C_1)] \leq 0,25$, moderada $(0,25 < [C_0 / (C_0 + C_1)] < 0,75$ ou fraca $[C_0 / (C_0 + C_1)] \geq 0,75$.

Para verificar presença de anisotropia, foram calculados semivariogramas para as quatro direções (0, 45, 90 e 135°). Os semivariogramas experimentais foram escolhidos com base no número de pares envolvidos no cálculo da semivariância, presença de patamar claramente definido, melhor coeficiente de validação cruzada (um gráfico construído mostrando a relação entre valores reais e estimados) (Landim, 2006) e maior coeficiente de determinação R^2 . Em nenhuma das variáveis ficou evidente a anisotropia, assumindo semivariogramas isotrópicos. Após o ajuste dos modelos matemáticos, foi feita a interpolação dos dados, pela krigagem ordinária nos locais não amostrados. A análise geoestatística foi realizada no software GS^+ e a edição dos mapas no software Surfer versão 9. Na ausência de dependência espacial, utilizou-se a interpolação pelo inverso da distância ao quadrado (IDW).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise descritiva

A produtividade média foi de 3988 kg ha^{-1} , valores próximos aos encontrados na literatura para a produtividade média no Cerrado do Centro Oeste, 3911 e 4108 kg ha^{-1} , para as cultivares FMT 701 e IMACD 408, respectivamente (Ferreira, 2013); e 4124 kg ha^{-1} e 4530 kg ha^{-1} para cultivares FMT 701 e Fibermax 993, respectivamente, em Goiás (Sana et al., 2014). A perda total na colheita mecanizada do algodão foi de 10,1% (407 kg ha^{-1}) para o talhão 1 ($V = 5 \text{ km h}^{-1}$), e de 8,3% (330 kg ha^{-1}) para o talhão 2 ($V = 7 \text{ km h}^{-1}$) (Tabela 1), valores próximos ao índice máximo tolerável de perdas segundo Vieira et al. (2001), em que o autor estipula como limite aceitável 10%, e considera como faixa ideal, perdas entre 6 e 8%.

As variáveis fisiológicas da planta do algodoeiro (Tabela 1) apresentaram médias próximas para os talhões 1 e 2, entretanto, estes valores apresentam grande variação em relação aos citados na literatura. Para a variável altura da planta do algodão, (1,16 m) média geral neste trabalho, em comparação à Mattioni et al. (2012) (1,70 m) e Nagashima et al., (2007) (0,69 m) mostram à grande variação de altura. Demonstrando a complexidade da ecofisiologia do algodoeiro, em que além de apresentar o fator genético, também relaciona-se fortemente aos fatores ambientais para crescimento.

Tabela 1 – Estatística descritiva da produtividade, variáveis fisiológicas do algodão e perdas na colheita mecanizada, em Itiquira – MT, 2015.

Variáveis*		Média	IC (95%)	Mediana	CV	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose	
										Talhão 1 (V = 5 km h ⁻¹)
N cap pl	-	15.5	14.5 - 16.5	15	26.1	9	28.7	0.82	0.75	
Pop	pl ha ⁻¹	70047	66319 - 73775	70370	21.1	20370	107407	-0.22	1.31	
M 1 cap	g	5.1	4.9 - 5.2	5.1	14.98	2.8	6.6	-0.52	0.19	
Alt pl	m	1.16	1.13 - 1.19	1.16	9.69	0.92	1.44	0.07	-0.04	
Alt ins	m	0.25	0.23 - 0.27	0.24	27.85	0.12	0.45	0.73	0.56	
P _{inf}	%	2.3	1.8 - 2.7	1.83	72.43	0.09	8.71	1.86	4.49	
P _{med}	%	1.0	0.8 - 1.2	0.84	82.76	0	4.64	2.2	6.42	
P _{sup}	%	0.4	0.2 - 0.5	0.19	154.63	0	3.06	2.96	9.92	
P _{pl}	%	3.6	3.0 - 4.2	2.83	69.57	0.743	14.84	2.42	7.22	
P _{solo}	%	6.6	6.0 - 7.3	5.96	36	2.19	12.83	0.72	0.1	
P _{total}	%	10.1	9.1 - 11.2	9.41	40.41	4.37	27.67	1.98	5.57	
Talhão 2 (V = 7 km h ⁻¹)										
N cap pl	-	14	13.2 - 14.7	13.8	22.5	7.33	20.7	0.15	-0.41	
Pop	pl ha ⁻¹	79485	77106 - 81864	81481	12	53704	101852	-0.42	0.13	
M 1 cap	g	5.1	4.9 - 5.4	5	17.8	3.6	7.6	0.7	0.21	
Alt pl	m	1.17	1.13 - 1.20	1.18	11	0.89	1.5	0.14	-0.4	
Alt ins	m	0.26	0.24 - 0.28	0.24	23.4	0.15	0.4	0.75	-0.25	
P _{inf}	%	1.6	1.4 - 1.8	1.44	48.3	0.09	4.1	0.92	1.7	
P _{med}	%	1.1	0.9 - 1.2	0.98	55.7	0	2.9	0.83	0.8	
P _{sup}	%	0.3	0.2 - 0.4	0.14	129.4	0	2.2	2.37	7.6	
P _{pl}	%	2.9	2.6 - 3.2	2.74	41.6	0.19	6.5	0.44	0.7	
P _{solo}	%	5.5	5.0 - 5.9	5.33	34.8	2.08	11.1	0.65	0.5	
P _{total}	%	8.3	7.6 - 8.9	7.86	30.2	2	16.3	0.76	1.2	

IC: intervalo de confiança; CV: coeficiente de variação; N cap pl: número de capulhos por planta; Pop: população de planta; M 1 cap: massa de um capulho; Alt pl: altura de planta; Alt ins: altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo; P_{inf}: perda no terço inferior da planta; P_{med}: perda no terço médio da planta; P_{sup}: perda no terço superior da planta; P_{pl}: perda na planta; P_{solo}: Perda no solo; P_{total}: perda total; *(n=64) para cada talhão.

Os valores médios para massa de um capulho em ambos os talhões (5,1 g) apresentam variação em comparação às referências, 4,6 g relatados por (Freitas et al., 2014) para cultivar DP 1228-BT2 no interior do Tocantins; e 6,8 g da cultivar FMT 701 em experimento em Mato Grosso (Ferreira, 2013). Entretanto, vale ressaltar que a massa

do capulho varia em função do melhoramento genético para cada cultivar analisada, e também estudos demonstram a capacidade de compensação da produtividade do algodoeiro, aumentando ou diminuindo a massa dos capulhos, em interação com o meio ambiente (Echer e Rosolem, 2015).

O coeficiente de variação (CV%) para as variáveis agrônomicas analisadas foram similares quando comparadas entre as velocidades, com exceção da população de plantas, que foi maior para o talhão colhido a 5 km h⁻¹ (21.1%) comparado ao talhão colhido a 7 km h⁻¹ (12%). Todas as perdas, tanto no solo, como na planta e total, obtiveram CV com nível muito elevado para ambos os talhões. Estes resultados corroboram com os trabalhos de Loureiro Júnior et al. (2014); Zerbato et al. (2014) que também obtiveram altos valores de CV, mostrando a grande variabilidade no processo de perdas da colheita mecanizada em soja e amendoim, respectivamente. Todas as variáveis de perdas apresentaram maiores valores de CV no talhão 1. Souza et al. (2004) afirmam que o CV serve como uma prévia do conhecimento sobre a variabilidade espacial.

Os intervalos de confiança (95%) para as variáveis analisadas demonstram que apenas a população de plantas apresentou-se com distribuição distinta em cada talhão, e que esta variável pode ter influenciado as perdas quantitativas no terço inferior da planta, no solo e a total, pois também foram as variáveis de perdas que apresentaram intervalo com diferença significativa.

Correlação de perdas com variáveis fisiológicas

Na Tabela 3 é apresentada a correlação linear simples entre as variáveis de perdas e atributos da planta. Para o talhão 1, a população de plantas apresentou correlação linear moderada e negativa com as perdas no terço inferior ($r = -0,395$; $p < 0,01$), perdas no terço superior ($r = -0,221$; $p < 0,10$) e perdas no solo ($r = -0,234$; $p < 0,10$). Este resultado, embora não tenha apresentado correlação forte, evidencia que a população de plantas interfere nas perdas na planta e no solo, devido à interação da máquina x planta, uma vez que em áreas em que as plantas de algodão apresentavam menor densidade populacional, observou-se que o algodão remanescente apresentava maior perfilhamento e produção de capulhos, interagindo com o meio, e compensando a produção. Este fato pode ser comprovado pela correlação negativa do par de variáveis: população de plantas e número de capulhos por planta ($r = -0,35$; $p < 0,01$).

O algodoeiro apresenta desenvolvimento e crescimento estrutural complexo. Seu hábito de crescimento é indeterminado e a existência de dois tipos de ramos, frutífero e vegetativo, confere à planta grande adaptabilidade ambiental. Na base de cada folha da haste principal, existem duas ou, excepcionalmente, três gemas, uma das quais é responsável pelos ramos frutíferos ou vegetativos. A segunda gema geralmente se encontra dormente, exceto na ocorrência de problemas para o crescimento da primeira auxiliar, podendo originar um novo ramo (Mauney, 1984). A

cultura cotonícola apresenta holocenotismo ambiental, por esse princípio não há barreiras entre os fatores do meio, envolvendo os de produção, inferindo que as plantas estão condicionadas a todos os fatores do meio, em qualquer tempo específico (Mota, 1976).

Dessa forma, entende-se que com a presença de algumas plantas maiores, devido à compensação que o algodão apresenta quando as plantas vizinhas não se desenvolvem, as plantas mais perfilhadas tendem a maiores perdas na planta, em especial no terço inferior da planta, pois a entrada da pluma na plataforma da máquina não apresenta fluxo contínuo e constante, além do ajuste da máquina estar regulado para um perfilhamento considerado padrão da planta, e não sob condições em que elas encontram-se acima ou abaixo, não permitindo a extração de capulhos de maneira eficiente.

Tabela 3 – Correlação linear simples entre variáveis fisiológicas do algodão e perdas na colheita mecanizada em Talhão 1 ($V = 5 \text{ km h}^{-1}$) e Talhão 2 ($V = 7 \text{ km}^{-1}$), Itiquira-MT.

Talhão 1											
Variáveis	N cap pl	Pop	M 1 cap	Alt pl	Alt ins	P _{inf}	P _{med}	P _{sup}	P _{pl}	P _{solo}	P _{total}
N cap pl	-	-0.35**	0.273*	ns	ns	ns	ns	ns	0.224 [•]	ns	ns
Pop		-	ns	ns	0.414**	-0.395**	ns	-0.221 [•]	-0.311*	-0.234 [•]	-0.35**
M 1 cap			-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Alt pl				-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Alt ins					-	-0.318*	ns	ns	-0.263*	ns	-0.244 [•]
P _{inf}						-	0.404**	0.408**	0.89**	0.382**	0.725**
P _{med}							-	0.625**	0.742**	0.237 [•]	0.603**
P _{sup}								-	0.697**	ns	0.552**
P _{pl}									-	0.378**	0.812**
P _{solo}										-	0.82**
P _{total}											-

Talhão 2											
Variáveis	N cap pl	Pop	M 1 cap	Alt pl	Alt ins	P _{inf}	P _{med}	P _{sup}	P _{pl}	P _{solo}	P _{total}
N cap pl	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.312**	ns	ns	ns
Pop		-	ns	ns	0.34**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
M 1 cap			-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0.229 [•]	ns
Alt pl				-	ns	ns	0.259*	ns	ns	ns	ns
Alt ins					-	ns	0.277*	ns	0.25*	ns	ns
P _{inf}						-	ns	ns	0.753**	0.281*	0.587**
P _{med}							-	ns	0.628**	ns	0.312*
P _{sup}								-	0.482**	ns	ns
P _{pl}									-	ns	0.611**
P _{solo}										-	0.866**
P _{total}											-

N cap pl: número de capulhos por planta; Pop: população de planta; M 1 cap: massa de um capulho; Alt pl: altura de planta; Alt ins: altura de inserção; P_{inf}: perda no terço inferior da planta; P_{med}: perda no terço médio da planta; P_{sup}: perda no terço superior da planta; P_{pl}: perda na planta; P_{solo}: Perda no solo; P_{total}: perda total; (•): significativo 0,10; (*): significativo 0,05; (**): significativo 0,01; (ns): não significativo; (n=64 amostras para cada talhão).

Esta condição de relação entre população de plantas e perdas na planta e no solo é observada apenas para o talhão 1, em que a população média de plantas foi de aproximadamente 70 mil plantas ha⁻¹, em comparação ao talhão 2,

que apresentava em média 80 mil plantas ha^{-1} , sendo que o recomendado pela empresa produtora das sementes da cultivar utilizada, o índice ideal de população é de 80 a 90 mil plantas ha^{-1} , enquanto que a recomendação da EMBRAPA é de 80 a 125 mil plantas ha^{-1} (Lamas, 2008). Nestas condições, em que o talhão 1 apresentou em média 10 mil plantas abaixo do mínimo recomendado, ocorreu o holocenotismo ambiental, surgindo algumas plantas com maior porte e perfilhamento, devido ao efeito compensatório da cultura cotonícola. A densidade de plantas alteram, significativamente, a arquitetura da planta, a posição dos frutos nos ramos, o número de frutos por planta, a altura das plantas, a altura de inserção dos ramos e o número de nós da haste principal (Jost e Cothren, 2000; Boquet, 2005)

O par de variáveis altura de inserção e perdas no terço inferior da planta apresentou correlação moderada e negativa ($r = -0,318$; $p < 0,05$) no talhão 1. Isto permite concluir que quanto maior a altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo, menores serão as perdas no terço inferior da planta. Ressaltando que, apesar da plataforma de colheita possuir regulagem de altura em relação ao nível do solo, as plantas com altura de inserção pequena, não serão colhidas pelos fusos da máquina, pois quando a altura é nivelada para níveis muito baixos ocorre a contaminação da pluma por matérias vegetais e minerais, prejudicando a qualidade da fibra.

A altura de inserção do primeiro ramo produtivo difere nas espécies e cultivares do algodoeiro, respeitando o fator genótipo, porém pode ser modificado pelas condições ambientais. Quanto menor a altura de inserção, mais precoce será a planta (Souza et al., 2008). Observa-se que a altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo também é proporcionalmente correlacionada com a população de plantas ($r = 0,414$; $p < 0,01$ e $r = 0,34$; $p < 0,01$) para ambos os talhões, 1 e 2 respectivamente. Quanto maior a população de plantas, maior será a competição intraespecífica e maior altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo, também podendo ser explicado pelo fato de haver menos ramos auxiliares, pelas gemas que rompem a dormência, e produziriam mais perfilhos.

Variabilidade espacial

A análise da variabilidade espacial dos resultados (Tabela 2) indica que as variáveis altura de planta e perdas no terço inferior para o talhão 1 e altura de planta, perdas no solo e perdas totais para o talhão 2 apresentaram alta dependência espacial ($C_0/(C_0+C_1) \leq 25\%$), com valores variando de 13 a 25%. As demais variáveis apresentaram valores com moderada dependência espacial ($25\% < C_0/(C_0+C_1) \leq 75\%$) (Cambardella et al. 1994). Silva et al. (2007) utilizando-se da geoestatística para perdas de colheita no algodoeiro, ajustou um modelo exponencial para o semivariograma de perdas na planta, obtendo dependência espacial moderada, e modelo esférico para perdas totais, obteve forte dependência espacial, porém, não encontrou dependência espacial para perdas no solo.

Para análise da dependência espacial no talhão 1, observa-se que apenas as variáveis massa de um capulho, número de capulhos por planta e altura de inserção não apresentaram dependência espacial; Para o talhão 2, as variáveis população de plantas, altura de inserção e perdas no terço médio e superior da planta não apresentaram dependência espacial na escala avaliada. A ausência total de dependência espacial é denominada efeito pepita puro, indicativo que a distribuição espacial é aleatória, ou que a menor distância entre os pontos da malha amostral não foram suficientes para detectar a dependência espacial. Neste caso, observa-se que a maior velocidade de colheita pode ter ocasionado a aleatoriedade das perdas na planta no terço médio e superior, aliado às condições da lavoura e de colheita.

Tabela 2 – Parâmetros dos semivariogramas experimentais obtidos para as variáveis fisiológicas e perdas na colheita mecanizada do algodão em Talhão 1 ($V = 5 \text{ km h}^{-1}$) e Talhão 2 ($V = 7 \text{ km h}^{-1}$) em Itiquira-MT.

Variáveis*	Modelo	C_0	C_1	$C_0 / (C_0 + C_1)$	a	SQR	R^2	VC
N cap pl	EPP							
Pop	Esf	1.05	1.047	50	82.9	2.75E-01	0.71	1.55+0.77x
M 1 cap	EPP	-	-	-	-	-	-	-
Alt pl	Gauss	0.002	0.009	16	12	6.37E-06	0.71	0.06+0.96x
Alt ins	EPP	-	-	-	-	-	-	-
P_{inf}	Esf	0.134	1.033	11	34.5	0.016	0.94	0.20+0.96x
P_{med}	Esf	0.200	0.201	50	75	6.23E-03	0.74	0.22+0.74x
P_{sup}	Esf	0.015	0.045	25	45	4.26E-05	0.95	0.07+0.73x
P_{pl}	Esf	0.630	1.351	32	49.4	0.204	0.8	0.05+1.01x
P_{solo}	Esf	0.041	0.053	43	42.4	1.46E-04	0.85	1.16+0.80x
P_{total}	Esf	0.027	0.056	32	48.3	5.28E-06	0.995	0.91+0.72x
Talhão 2 ($V = 7 \text{ km h}^{-1}$)								
N cap pl	Esf	0.010	9.520	10^{-4}	27.7	1.5	0.9	2.77+0.81x
Pop	EPP	-	-	-	-	-	-	-
M 1 cap	Exp	0.329	0.397	45	20.9	0	0.01	0.14+0.95x
Alt pl	Esf	0.003	0.011	22	33.7	5.83E-06	0.8	-0.2+1.16x
Alt ins	EPP	-	-	-	-	-	-	-
P_{inf}	Gauss	0.180	0.272	40	60.3	0.027	0.75	0.3+0.79x
P_{med}	EPP	-	-	-	-	-	-	-
P_{sup}	EPP	-	-	-	-	-	-	-
P_{pl}	Gauss	0.533	0.937	36	41.9	0.113	0.9	0.26+0.88x
P_{solo}	Esf	0.630	2.129	23	51.7	0.168	0.9	0.85+0.86
P_{total}	Esf	0.600	3.430	15	48.9	1.73E-01	0.71	0.75+2.09x

C_0 : efeito pepita; $C_0 + C_1$: patamar; a: alcance (m); $C_0 / (C_0 + C_1)$: grau de dependência espacial (%); R^2 : coeficiente de determinação do ajuste; SQR: soma de quadrados dos resíduos; VC: validação cruzada; ; N cap pl: número de capulhos por planta; Pop: população de planta; M 1 cap: massa de um capulho; Alt pl: altura de planta; Alt ins: altura de inserção; P_{inf} : perda no terço inferior da planta (%); P_{med} : perda no terço médio da planta (%); P_{sup} : perda no terço superior da planta (%); P_{pl} : perda na planta (%); P_{solo} : perda no solo (%); P_{total} : perda total (%). EPP: efeito pepita puro; Esf: esférico; Gauss: gaussiano; Exp: exponencial; *(n=64 para cada talhão).

Porém, também existe a hipótese das perdas nos terços médios e superiores não terem apresentado dependência espacial, devido a população de plantas também ter apresentado efeito pepita puro para o talhão 2, sendo esta a variável que apresentou o principal fator da variabilidade das perdas, como já explicado devido ao holocenotismo ambiental da cultura do algodão

O modelo gaussiano foi ajustado apenas para altura da planta para o talhão de $V = 5 \text{ km h}^{-1}$, e perda no terço inferior da planta e perda total na planta, todas as demais variáveis apresentaram modelo esférico. O modelo esférico é o modelo que ocorre com maior frequência para atributos do solo e das plantas (Souza et al. 2004; Grego e Vieira, 2005).

Os valores de alcance obtidos pelos semivariogramas têm importância com relação ao limite da dependência espacial. Observa-se que o alcance estimado para as perdas na planta, no solo e total, variaram em torno de 40 a 50 m, para ambos os talhões. As demais variáveis apresentaram alcances variados, de 12 m (altura de planta) a 82,9 m (população de plantas). A altura de planta que apresentou baixo alcance, evidencia a baixa continuidade deste atributo fisiológico. Em termos práticos o alcance do variograma pode ser utilizado para balizar o planejamento amostral, indicando qual deve ser o espaçamento próximo ao ideal no campo (Montanari et al., 2012).

Mapas da distribuição espacial

Nas Fig. 3 e 4, são apresentados os mapas de distribuição espacial das perdas na colheita e das variáveis fisiológicas do algodoeiro. O padrão espacial da população de plantas evidenciam o comportamento de reboleiras, demonstrando que a população pode ter sido afetada por nematoides, ataques de bicudo, poças d'água, doenças, entre outros, no talhão 1, onde houve dependência espacial. Para o talhão 2, a população de plantas apresenta comportamento mais aleatório, não havendo dependência espacial, reforçando o fenômeno, em que não houve correlação significativa entre perdas e população de plantas.

Observa-se que para a perda na planta nos dois talhões a maior extensão das classes de variabilidade das perdas no terço inferior da planta são alinhadas no sentido das fileiras de semeadura. Ou seja, a plataforma da colhedora promove as perdas no terço inferior conforme se desloca (sentido horizontal, leste-oeste), no sentido da fileira, e não aleatoriamente.

No talhão 2 houve efeito pepita puro para as perdas no terço médio e superior da planta, talvez, devido a maior velocidade de colheita influenciar sobre a variabilidade e aleatoriedade das amostras, ou seja, a relação da máquina com a planta na colheita é mais influente do que a relação das perdas da planta nos terços médio e superior com a dependência espacial devido às características do solo e da planta. Como se pode observar, para o talhão 1, o mapa gerado possui variabilidade e comportamento de dependência, já para o talhão 2, a variabilidade é menos definida,

demonstrando que a colheita em maiores velocidades anula o efeito da dependência espacial. Porém, essa não dependência, não é sinônimo de aumentos nos valores médios de perdas na colheita, uma vez que a média de perdas para maior velocidade foi menor.

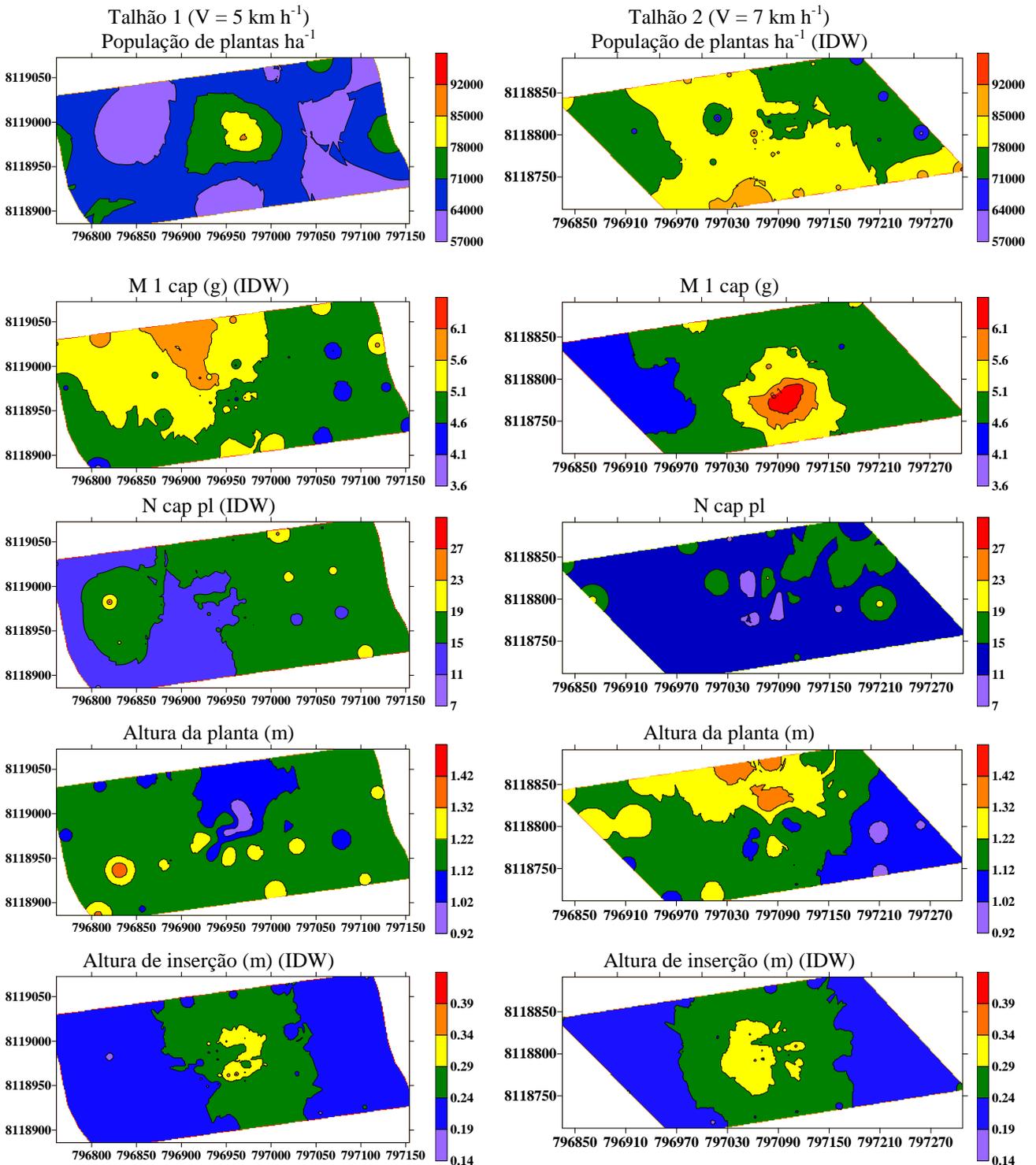


Fig. 3 Distribuição espacial de variáveis fisiológicas da planta. N cap pl: número de capulhos por planta; Pop plt: população de planta; M 1 cap: massa de um capulho; Diâm: diâmetro; Alt plt: altura de planta; Alt ins: altura de inserção.

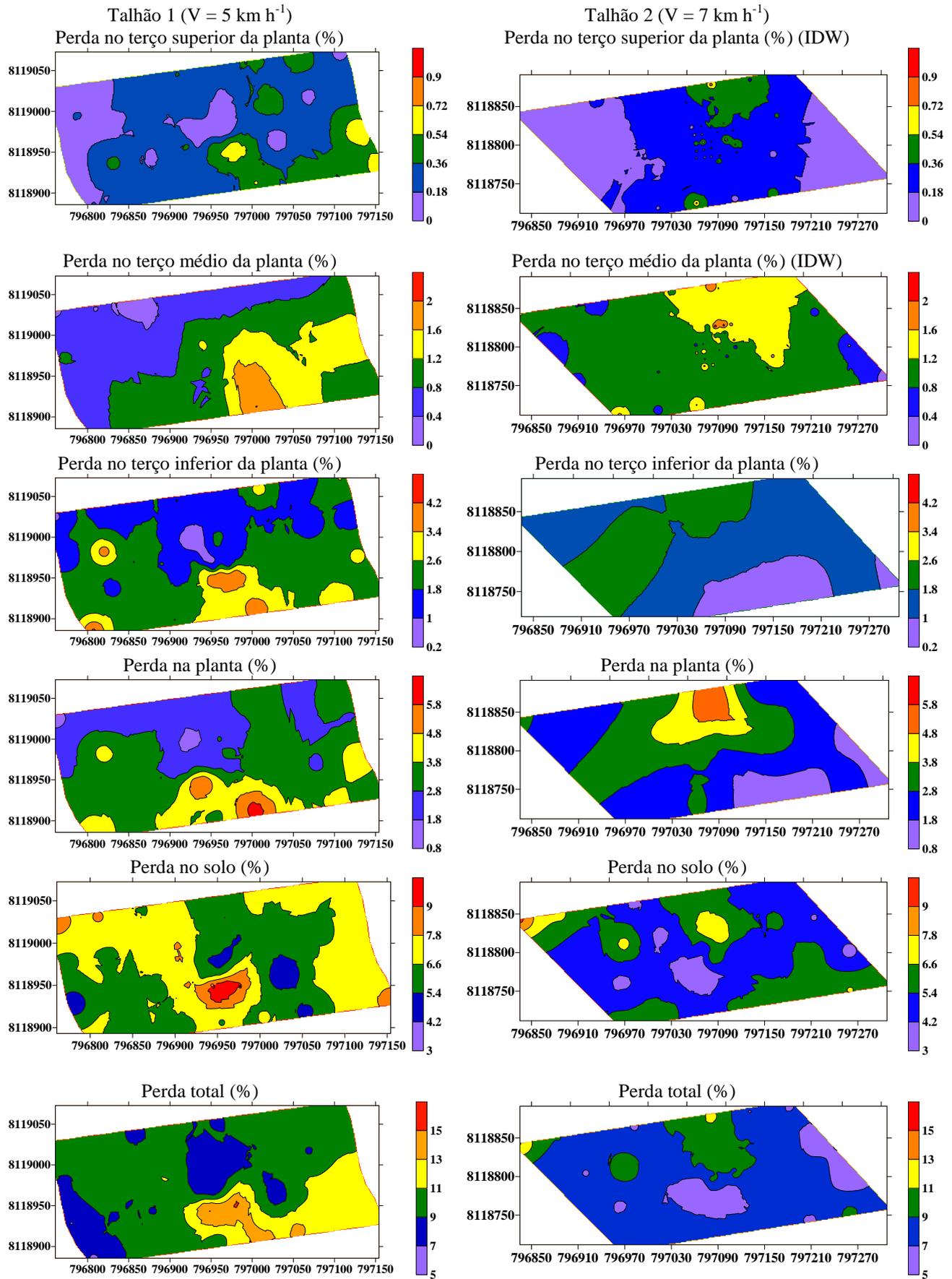


Fig. 4 Distribuição espacial de perdas na colheita mecanizada do algodão

Os mapas de perda total possuem similaridade com os mapas de perdas de algodão no solo, o mesmo sendo confirmado pelo valor de correlação ($r = 0,82$, $p < 0,01$ e $r = 0,87$, $p < 0,01$) para talhões 1 e 2, respectivamente. Ferreira (2013) também observaram que a maior parte das perdas totais do algodão está relacionado à perdas no solo. Uma possível explicação para este fato é devido os capulhos serem desprendidos da planta inteiros, e ao invés da pluma ser colhida pelos fusos, os capulhos são lançados inteiros com as casquilhas e invólucros ao solo.

Da mesma maneira, as perdas na planta possuem maior relação com o terço inferior da planta, como pode ser visto pela similaridade em ambos os mapas, e pela alta correlação ($r = 0,89$; $p < 0,01$ e $r = 0,75$; $p < 0,01$ para talhões 1 e 2, respectivamente). O terço inferior da planta também é alvo de maiores perdas devido à arquitetura da planta cotonícola, que apresenta formato piramidal, em que a produção do algodão, depende extremamente da sua localização na planta, ou seja, 80% da produção está definida nas regiões do baixeiro e terço médio do algodoeiro, na primeira e segunda posição frutífera, com relação à distância da haste principal (Soares et al., 1999).

Discussões gerais

O algodão produz frutos maiores nas posições mais próximas à haste principal e nos terços inferiores, pois recebe mais assimilados das folhas vegetativas, presentes na haste principal, em especial nos nós mais baixos, pois possuem folhas maiores (quase o dobro do tamanho) e maior tempo de vida (Wullscheleger e Oosterhuis, 1990). Isso demonstra que a colheita do algodão apresenta maiores perdas justamente onde a planta é mais produtiva, sendo assim, o melhoramento genético tem procurado por plantas com arquitetura mais cilíndricas ou plataformas de colheita em que sejam mais eficientes no baixeiro da planta do que no terço superior, ainda havendo a preocupação de colher algodão mais próximo à haste principal, onde os capulhos são maiores nas primeiras posições, buscando maximizar a eficiência de colheita.

Se as regulagens da colhedora puderem apresentar-se variáveis ao longo do talhão, por meio de sensores que façam a leitura da planta, a operação de colheita poderia ser uma operação com ainda mais precisão, aproveitando-se o máximo rendimento da lavoura e com o mínimo de perdas. Estudos que somem esforços para compreender o fenômeno de perdas poderiam impulsionar por máquinas mais tecnológicas que aumentem a produtividade. No caso da colhedora de algodão por fusos que apresenta dois tambores para recolhimento da pluma, surge a hipótese de um sensor entre os tambores que faça a leitura de perdas na planta, e que ajuste automaticamente a regulagem do segundo tambor para maior eficiência na colheita da fibra, em especial no terço inferior da planta, região que apresenta maiores perdas.

CONCLUSÕES

Existe relação do terço inferior da planta com a população de plantas, a população de plantas possui relação com a altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo e as perdas na planta e no solo.

A velocidade de colheita ou a população de plantas podem influenciar na dependência espacial das perdas no terço médio e superior da planta.

A maior extensão das perdas no terço inferior da planta ocorre no sentido das linhas de semeadura e deslocamento da colhedora.

As perdas de algodão no solo são a principal fonte de perdas no processo.

A geoestatística mostrou-se como uma ferramenta inovadora para compreender o processo de perdas na colheita mecanizada do algodão, uma vez que permite definir a dependência espacial das perdas, e comprovar que esta variável possui relação com a planta no espaço, não ocorrendo de maneira aleatória.

REFERÊNCIAS

- Boquet, D. J. (2005) Cotton in ultra-narrow spacing: plant density and nitrogen fertilizer rates. *Agronomy Journal*, Madison, 97 (1), 279-287.
- Burrough, P. A.; McDonnell, R. A. (2006). *Principles of geographical systems*. New York: Oxford University Press.
- Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F.; Konopka, A. E. (1994). Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 58(5), 1501-1511.
- Cohen, Jacob. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Echer, F.; Rosolem, C. A. (2015). Cotton yield and fiber quality affected by row spacing and shading at diferente growth stages. *European Journal of Agronomy*. 65, 18-26.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Embrapa. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa.
- Ferreira, F. M. (2013). *Perdas na colheita e qualidade da fibra de cultivares de algodão adensado em função de sistemas de colheita*. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Ferreira, F. M.; Silva, A. R. B.; Silva, P. R. A.; Benez, S. H.; Kroth, B. E.; Ormond, A. T. (2014). Pluma Perdida. *Cultivar Máquinas*. 13 (137), 34-37.

- Frogbrook, Z. L.; Oliver, M. A.; Salahi, M.; Ellis, R. H. (2002) Exploring the spatial relations between ceecal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. *Soil Use and Management*, West Sussex, 18(1), 01-09.
- Grego, C. R.; Vieira, S. R. (2005). Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 29(2), 169-177.
- Jost, P. H.; Cothren, J. T. (2000) Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra narrow row spacings. *Crop Science*, Madison, v. 40(2), 430-435.
- Landim, P. M. B. (2006). Sobre geoestatística e mapas. *Terra e didática*, 2(1), 19-33.
- Lamas, F. M. (2008). O agronegócio do algodão no Brasil: Manejo cultural do algodoeiro nas condições do Cerrado. In: Beltrão, N. E. M; Azevedo, D. M. P., 2ª ed. O agronegócio do Algodão no Brasil: Manejo cultural do algodoeiro nas condições do Cerrado, (pp. 623-648). Brasília: Embrapa - Informação Tecnológica.
- Loureiro-Júnior, A.; Silva, R. P.; Cassia, M. T.; Compagnon, A. M. Voltarelli, M. A. (2014) Influence of the sample área in the variability of losses in the mechanical harvesting of soybeans. *Engenharia Agrícola*, 34(1), 74-85.
- Mattioni, F. Figueiredo, M. C.; Marcos-Filho, A. J.; Guimarães, S. C. (2012). Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. *Revista Brasileira de Sementes*, 34 (1), 108-116.
- Mauney, J. R. (1984). Anatomy and morphology of cultivated cottons. In: Kohel, R. J.; Lewis, C. F. Cotton, Madison, (pp. 58-80). Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Montanari, R.; Souza, G. S. A.; Pereira, G. T.; Marques Jr, J.; Siqueira, D. S.; Siqueira, G. M. (2012). The use of scaled semivariogramas to plan soil sampling in sugarcane fields. *Precision agriculture*, 13, 1-11.
- Mota, F. S. da. *Metereologia agrícola*. São Paulo: Nobel.
- Nagashima, G. T. Miglioranza, E.; Marur, C. J.; Yamaoka, R. S.; Gomes, J. C. (2007) Embebição de sementes e aplicação foliar com cloreto de mepiquat no crescimento e produção do algodoeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, 31 (4), 1027-1034.
- Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C.H. (2002). Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq.
- Sana, R. S.; Anghinoni, I.; Brandão, Z. N.; Holzschuh, M. J. (2014). Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 18 (10), 994-1002.
- Silva, R. P. Da; Souza, F. G.; Cortez, J. W.; Furlani, C. E.; Vigna, G.P. (2007) Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. *Engenharia Agrícola*, 27 (3), 742-752.

- Soares, J. J.; Lara, F. M.; Silva, C. A. D.; Almeida, R. P.; Wanderley, D. S. (1999). Influência da posição do fruto na planta sobre a produção do algodoeiro. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, 34 (5), 755-759.
- Souza, J. G. De.; Beltrão, N. E. M De.; Azevedo, D. M. P De.; Albuquerque, W. G. De.; Lima, R. L. S.; Cardoso, G. D. (2008). Fisiologia. In: Beltrão, N. E. M. De; Demóstenes, M. P. Azevedo: O agronegócio do algodão no Brasil. 2008. (pp. 221-249). Brasília: Positiva.
- Souza, Z. M.; Marques Júnior, J.; Pereira, G. T.; Moreira, L. F. (2004). Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, 34 (6), 1763-1771.
- Vieira, C. P.; Cunha, L. J. Da C.; Zofoli, R. C. (2001). Colheita. In: Embrapa Agropecuária Oeste: Embrapa Algodão (Eds.) Algodão: Tecnologia de produção. (pp. 273-277). Dourados:Embrapa.
- Webster, R.; Oliver, M. A. (2009). *Geostatistics for environmental scientists*. Oxford University Press, Chichester: Wiley.
- Wullschleger, S. D. and D. M. Oosterhuis. (1990). Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. *Crop Science*, 30, 1259-1264.
- Zerbato, C.; Silva, V. F. A.; Torres, L. S.; Silva, R. P.; Furlani, C. E. A. (2014). Peanut mechanized digging regarding to plant population and soil water level. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 18 (4), 459-465.

CAPÍTULO 3 – PERDAS DE ALGODÃO E QUALIDADE DA FIBRA EM FUNÇÃO DE VELOCIDADES DE COLHEITA

RESUMO - O preço do algodão é determinado pela qualidade da fibra, que pode ser danificada no momento da colheita, gerando perdas qualitativas, além das perdas quantitativas de pluma não colhida. Nesse contexto, objetivou-se analisar as perdas no solo e na planta, e a qualidade da fibra do algodão em relação a cinco velocidades de colheita (5, 6, 7, 8 e 9 km h⁻¹) em uma colhedora com sistema de fusos (*picker*). O experimento foi realizado no município de Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em um talhão de 0,9 ha com 20 parcelas, 5 velocidades e 4 blocos. Concluiu-se que as velocidades estudadas não influenciaram significativamente para as perdas no solo e na planta, e para a qualidade da fibra do algodão, podendo-se, portanto, recomendar a utilização de velocidade de colheita de 9 km h⁻¹.

PALAVRAS-CHAVES: *picker*, sistema de fusos, característica da fibra, High Volume Instrument, *Gossypium hirsutum*.

LOSSES OF COTTON AND FIBER QUALITY IN FUNCTION OF HARVEST SPEED

ABSTRACT - The price of the cotton is determined by the quality of the fiber, which can be damaged at the time of harvest, generating qualitative loss, in addition to quantitative losses plume not harvested. In this context, the study aimed to analyze the losses in soil and plant, and the quality of cotton fiber in relation to five harvest speeds (5, 6, 7, 8 and 9 km h⁻¹) in the spindles (*picker*) system. The experiment was conducted in Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. It was used a randomized complete block design (RBD) on a plot of 0.9 ha, 20 plots, 5 speeds and 4 blocks. It was concluded that the studied speeds not influenced significantly to losses in the soil and in the plant, and quality of cotton fiber, therefore, the recommended speed is 9 km h⁻¹.

KEYWORDS: Harvest, cotton, *picker*, spindles system, speed, quality, High Volume Instrument, *Gossypium hirsutum*.

3.1 INTRODUÇÃO

De acordo com os dados da Conab, levando-se em consideração a produção média de algodão em pluma de 1.562.800 ton para a safra 2014/2015 no Brasil, e o preço médio de venda, nos últimos 12 meses, de aproximadamente R\$ 51,81/@ (CONAB, 2016), considerando uma arroba, 15 kg, e segundo critério de Vieira (2001), que considera aceitável perdas na colheita de aproximadamente 10%, estima-se que em média as perdas no algodão apenas na safra de 2014/2015 no Brasil representariam R\$ 539 milhões de reais.

Analisando os custos operacionais da produção de algodão, a colheita é a de maior representatividade, considerando as operações mecânicas. Um estudo em Mato Grosso avaliando duas velocidades de deslocamento da colhedora, 3,6 km h⁻¹ e 7,2 km h⁻¹, observaram aumento de perda de 100 kg ha⁻¹ de perdas no solo na velocidade de 7,2 km h⁻¹, enquanto as perdas totais obtiveram aumento de 125 kg ha⁻¹ (Ferreira et al., 2014).

Analisar o contraste da velocidade considerada ideal para o sistema de colheita é um desafio, uma vez que as propostas para mecanização sugerem maiores velocidades para maior capacidade de campo, e, uma vez que velocidades menores também podem apresentar menores perdas quantitativas na colheita, deve-se procurar uma velocidade ideal, que visem o maior rendimento operacional e o mínimo de perdas.

Uma vez que a velocidade dos fusos é proporcional à velocidade de deslocamento, surge a hipótese de que maiores velocidades de deslocamento podem afetar as perdas quantitativas e qualitativas da fibra do algodão. Assim como, todos os sistemas da máquina podem estar envolvidos, como os desfibradores ou a capacidade do ar em remover e transportar o algodão, podendo estar inadequados para maiores valores de velocidade de deslocamento.

Estudos anteriores foram desenvolvidos com base nas características físicas da fibra do algodoeiro, por meio da agricultura de precisão, e propondo que os próximos passos para a colheita do algodoeiro não considere apenas dados de produtividade, mas também, da qualidade da fibra, demonstrando que mapas de sobreposição de produtividade e qualidade poderiam formar mapas de lucratividade e rendimento dos talhões, os quais apresentam-se como importante ferramenta para manejo da área (Johnson et al., 2002; Ge et al., 2008, Ge et al., 2012).

Assim, pressupondo-se que a velocidade de colheita mecanizada do algodão interfira nas perdas quantitativas e qualitativas da fibra, objetivou-se neste trabalho, avaliar estas perdas analisando cinco diferentes velocidades de deslocamento (5, 6, 7, 8 e 9 km h⁻¹) de uma colhedora com sistema de fusos (*picker*).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área experimental e delineamento

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2015, no município de Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, Brasil. A área experimental apresenta coordenadas geográficas aproximadas de 13° 00' 35"S, 56° 05' 13"W e altitude média de 413 m. Durante a realização do experimento a cultura foi monitorada por técnicos da propriedade para controle de pragas e doenças, assim como para realização de todas as operações necessárias para o bom estabelecimento da cultura.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o tropical com estação seca de inverno e verões chuvosos. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO Vermelho Amarelo distrófico, apresentando classe textural argilosa (EMBRAPA, 2013). A precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura foi obtido por um pluviômetro presente na fazenda, e foi registrado valor de 1584 mm.

A semeadura foi realizada no dia 31 de janeiro em sistema de plantio convencional, com espaçamento entre fileiras de plantas de 0,76 m, totalizando 130.000 plantas ha⁻¹. Foi utilizada a cultivar TMG 81 WS, a qual é caracterizada pelo ciclo tardio de 180 dias e tolerância a nematoides.

Na condução do experimento foi utilizado para a colheita do algodão, uma colhedora da marca John Deere, modelo 7760, com sistema de fusos (*picker*), seis linhas, 4,5 m de largura e 395 kW (537 cv) de potência. Foi realizada a colheita em cinco velocidades médias de deslocamento (5, 6, 7, 8 e 9 km h⁻¹), com o intuito de verificar a relação da velocidade com as perdas na colheita e na qualidade da fibra do algodão. Também é importante ressaltar que a velocidade de 9 km h⁻¹ foi realizada na primeira marcha de transporte da colhedora, pois a última marcha para operação de colheita é 8,3 km h⁻¹.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados (DBC), em um talhão de 0,9 ha (parcela útil), em 20 parcelas (100 x 4,5 m), distanciadas 50 m na mesma linha, e corredores de mesmo tamanho entre blocos.

3.2.2 Avaliações: perdas quantitativas

Para a avaliação das perdas, foram coletadas manualmente, após a passagem da máquina na parcela, todos os capulhos que restaram no solo, referindo-se à perdas no solo, e todos os capulhos restantes da planta, referindo-se às perdas na planta, que foram subdivididas em perdas nos terços inferior, médio e superior. Após isso, os valores de cada parcela em cada tratamento eram somados para que se obtivessem as perdas totais. Posteriormente, foram corrigidos todos os valores, extrapolando os resultados obtidos em 4,5 m² (parcela) para hectare. Determinou-se também a perda percentual, relacionando-as com os valores estimados para a produtividade da cultura.

A produtividade foi determinada em área útil da armação (4,5 x 1 m), utilizando como base a largura da plataforma da colhedora, recolhendo-se manualmente todos os capulhos presentes na planta em cada parcela, antes da colheita mecanizada, ou seja, sem perdas na colheita, representando dessa forma, a produtividade bruta.

3.2.3 Avaliações: perdas qualitativas

As amostras de algodão obtidas pela máquina nos diferentes tratamentos foram beneficiadas em máquinas de rolo pelo IAC Campinas. Posteriormente as amostras foram enviadas para o Laboratório Minas Cotton em Uberlândia, MG, para que fossem analisadas suas características (índice de consistência da fiação, umidade do algodão no pente da máquina de HVI, índice *micronaire*, maturidade da fibra de algodão, comprimento médio da metade superior, índice ou conteúdo de fibras curtas, resistência, alongamento à rotura da fibra, grau de reflectância, índice de amarelamento, conteúdo de impurezas, índice da uniformidade do comprimento e percentual da área ocupada pelo somatório das partículas de impurezas) por meio do sistema HVI (High Volume Instrument).

3.2.4 Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi determinada pela equação (1):

$$Cce = Lr \times Vr / 10 \quad (1)$$

Em que:

Cce: Capacidade de campo efetiva ($ha\ h^{-1}$); L: Largura real da plataforma da colhedora (m); V: Velocidade real de deslocamento ($km\ h^{-1}$); 10: fator de adequação de unidades.

3.2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de normalidade e homocedasticidade utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, visto que foram significativos, os resultados de perdas e características da fibra foram submetidos à análise de variância, pelo teste de F a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico R. Quando necessário procedeu-se à transformação dos dados por $y = \log(x)$.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Produtividade e perdas quantitativas

O valor médio da produtividade encontrado foi de $3793\ kg\ ha^{-1}$, valor próximo ao encontrado no trabalho de Betot e Vilela (2006), que obtiveram média de $3826\ kg\ ha^{-1}$ e Ferreira et al. (2013) que observaram $3911,2\ kg\ ha^{-1}$ para a cultivar FMT 701 e $4108,8\ kg\ ha^{-1}$ para a cultivar IMACD 408.

Não houve efeito significativo nas perdas de algodão no solo, na planta e perdas totais em função das velocidades de colheita (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados médios do levantamento das perdas nos terços inferior (PTI), médio (PTM) e superior (PTS), perdas na planta (PP), perdas no solo (PS) e perdas totais (PT) em função da velocidade de colheita.

Vel	PTI	PTM	PTS*	PP	PS*	PT*
%						
5	0,46	0,17	0,24	0,87	2,71	3,58
6	0,74	0,15	0,10	0,98	3,13	4,11
7	0,41	0,13	0,58	1,11	5,03	6,14
8	0,39	0,17	0,21	0,77	4,70	5,47
9	0,76	0,14	0,12	1,01	5,52	6,54
Média	0,55	0,15	0,25	0,95	4,22	5,16
p	0,13	0,97	0,60	0,84	0,17	0,37
CV (%)	44,40	77,72	178,74	47,20	32,87	24,76

* Valores transformados log (x); CV: Coeficiente de variação; p < 0,05

Observa-se que há maiores perdas no terço inferior quando comparado ao médio e superior (Tabela 1), que foram de 0,55; 0,15 e 0,25 respectivamente. Para explicar as perdas no decorrer da haste da planta, é necessário o conhecimento da maturação do algodoeiro, uma vez que seu tipo de crescimento é caracterizado como indeterminado. Em uma mesma planta de algodão, podem ser encontrados flores, frutos, botões florais e capulhos. O crescimento indeterminado provoca desuniformidade na formação, maturação e deiscência dos capulhos, da base para o ápice, podendo haver uma diferença de até 60 dias entre a primeira e a última deiscência (Carvalho, 1973). Sendo assim, como os capulhos do terço inferior da planta completam a maturação primeiramente, desse modo a fibra desses capulhos ficam mais vulneráveis à intempéries ambientais, fazendo com que esses não obedeçam a arquitetura da planta, ficando voltados para baixo, e prejudicando a colheita no baixeiro da planta (Figura 1).

O algodão produz frutos maiores nas primeiras posições e nos terços inferiores, pois recebe mais assimilados das folhas vegetativas, presentes na haste principal, em especial nos nós mais baixos, pois possuem folhas maiores (quase o dobro do tamanho) e mais novas (Wullscheleger e Oosterhuis, 1990). Isso demonstra que a colheita do algodão apresenta maiores perdas justamente onde a planta é mais produtiva, sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de plataformas de colheita em que sejam mais eficientes no baixeiro da planta do que no terço superior. Aliado a isso, a preocupação de colher algodão mais próximo à

haste principal, onde os capulhos são maiores nas primeiras posições, poderia maximizar a eficiência de colheita.



Figura 1. Parcela experimental de algodão no momento da colheita. No detalhe, os capulhos do terço inferior, Lucas do Rio Verde – MT, 2015.

Soares et al. (1999) citam que 80% da produção está definida nas regiões do baixeiro e terço médio do algodoeiro, na primeira e segunda posição frutífera, com relação à distância da haste principal.

Esta diferença de maturação influencia diretamente na retirada dos capulhos pelo fuso cilíndrico, pois quanto mais verde, maior a dificuldade de se soltar da planta. Isto também pode explicar o fato de as médias das perdas no terço superior, serem maiores que as médias do terço médio, uma vez que os últimos capulhos a atingirem maturação encontram-se no topo da planta, e no momento da colheita, alguns capulhos, não puderam ser colhidos, devido a maçã não ter completado a abertura de suas estruturas.

Outra explicação para maiores perdas no baixeiro da planta refere-se aos fusos da parte inferior da plataforma tenderem a ter maior desgaste devido ao atrito e abrasões de partículas do solo (Silva et al., 2015). Estes fusos com bordas mais arredondadas e pouco afiadas, e ranhuras menos profundas, podem recolher com menor eficiência os capulhos, devendo ser substituídos.

Para as perdas no solo, foi observado um valor médio de 4,22% em relação à produtividade da cultura. Ferreira (2013) também observou que a maior parte das perdas totais do algodão está relacionado às perdas no solo. As perdas no solo são explicadas pelo deslocamento e atrito da colhedora com as plantas de algodão, que

quando se chocam com a máquina, se desprendem da haste e se depositam no solo. O maior valor encontrado para perdas no solo, em comparação às perdas na planta, se deve à massa do capulho inteiro desprendido, no momento do atrito da máquina com a planta.

Uma possível solução para amenizar as perdas no solo, seria o melhoramento genético reforçar o receptáculo e o pedúnculo floral (estrutura responsável por ligar o botão floral ao ramo vegetativo), para que o capulho não seja tão sensível ao ponto de se desprender devido ao atrito com a máquina.

Os baixos valores médios de perdas do solo, da planta e total (4,22; 0,95 e 5,16) refletem à experiência do operador da colhedora, realizando regulagens nas máquinas com critério, pois o ajuste das placas de pressão permitiu que os fusos pudessem colher os capulhos mais próximos ao ramo vegetativo. Regulagens mais justas permitiriam maior extração da pluma, porém, com maior acúmulo de impurezas nos fardos, devido às brácteas e sépalas serem colhidas junto ao algodão, podendo prejudicar a qualidade da fibra.

Silva et al. (2007) em experimento avaliando as perdas na colheita de algodão em Ipameri – GO observaram médias de 334,5 kg ha⁻¹ para perdas no solo, 11,4% em relação à produtividade (2.925 kg ha⁻¹). Ferreira et al. (2015) concluíram que houve interação significativa entre diferentes cultivares e velocidade de colheita, no sistema de fusos, para as perdas no solo. No trabalho os autores analisaram duas velocidades, 3,6 km h⁻¹ e 7,2 km h⁻¹, e observaram que as maiores perdas no solo foram na maior velocidade, o que diferencia do presente trabalho, no qual não foram observadas diferenças significativas em nenhuma das velocidades analisadas, sendo que mesmo na maior velocidade (9 km h⁻¹, primeira marcha de transporte), não houve aumento das perdas, o que demonstra a capacidade da colhedora em recolher a pluma.

O maior valor médio de PT encontrado no presente trabalho foi 6,54% em relação à produtividade (Tabela 1), obtido a velocidade de 9 km h⁻¹, valor este que representa metade das perdas totais encontrada por Ferreira (2013), que observou 13,5%, a velocidade de 5,1 km h⁻¹, podendo-se concluir, portanto, que as perdas foram relativamente baixas no presente trabalho.

Os resultados de PT estão abaixo dos encontrados por Silva et al. (2007) que observaram PT de 16,7% em sistema de colheita *picker*, ainda também abaixo dos observados na literatura, em que, nas condições de cerrado, como é o caso da área

em questão, as perdas totais situam-se entre 12,5% (Freire et al., 1995) e 10% (Vieira, 2001).

Observa-se na Tabela 1 que os coeficientes de variação foram altos, o que significa que os valores das perdas nas diferentes velocidades analisadas variaram amplamente. Isso acontece devido à variável 'perda' no sistema agrícola ser bastante volúvel, a qual, em uma repetição de determinado tratamento apresenta valor baixo, e em outra, pode apresentar valor considerável.

3.3.2 Perdas qualitativas

Não houve diferença significativa também para qualidade da fibra do algodão em nenhuma variável analisada (índice de consistência da fiação, umidade do algodão, índice *micronaire*, maturidade da fibra de algodão, comprimento médio da metade superior, índice ou conteúdo de fibras curtas, resistência, alongamento à rotura da fibra, grau de reflectância, índice de amarelamento, conteúdo de impurezas, índice da uniformidade do comprimento, percentual da área ocupada pelo somatório das partículas de impurezas, (Tabelas 2 e 3) quanto às cinco diferentes velocidades de trabalho da colhedora.

Tabela 2. Resultados médios para índice de consistência da fiação (SCI), umidade do algodão (Mst), índice Micronaire (Mic), maturidade da fibra do algodão (Mat), comprimento médio da metade superior (UHML), índice da uniformidade do comprimento (UNF).

Velocidade (km h ⁻¹)	SCI	Mst (%)	Mic	Mat	UHML (mm)	UNF
5	119,5	8,3	4,62	87	26,64	80,80
6	116,5	8,6	4,60	87	26,39	80,40
7	107,5	8,5	4,47	87	26,24	79,23
8	109,8	8,4	4,61	87	26,16	79,70
9	114,3	8,3	4,68	87	26,18	81,03
Média	113,5	8,41	4,6	87	26,32	80,23
p	0,42	0,08	0,4	0,87	0,82	0,42
CV (%)	8,41	1,61	4,51	1,04	2,44	1,84

CV: Coeficiente de variação; p<0,05

Tabela 3. Resultados médios para índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à rotura da fibra (Elg), grau de reflectância (Rd), índice de amarelamento (+b), conteúdo de impurezas (TrCnt), percentual de área ocupada pelo somatório das partículas de impurezas (TrAr).

Velocidade (km h ⁻¹)	SFI	STR (g tex ⁻¹)	Elg (%)	Rd (%)	+b	TrCnt	TrAr
5	11,25	30,08	5,93	81,03	8,25	4,50	0,04
6	12,00	29,88	6,03	80,20	8,63	5,00	0,06
7	12,65	28,40	6,00	80,23	8,23	4,25	0,07
8	12,98	28,80	6,03	80,65	8,53	8,75	0,10
9	12,33	28,43	6,08	80,18	8,35	5,75	0,09
Média	12,24	29,12	6,01	80,46	8,40	5,65	0,07
p	0,66	0,05	0,98	0,66	0,47	0,38	0,17
CV (%)	13,75	3,09	5,58	1,19	4,27	60,26	48

CV: Coeficiente de variação; p<0,05

Estudos anteriores relataram que o sistema de colheita de fusos (picker) e de pente (stripper) se discriminam com relação à qualidade da fibra, utilizando a análise multivariada, que demonstrou que o maior conteúdo de impurezas colhidas pelo sistema stripper danificou a qualidade da fibra, como maturidade, resistência, amarelamento, fibras curtas e reflectância, sendo o comprimento da fibra, a única variável que não foi influenciada pelo sistema de colheita (Kazama et al., 2015).

Embora se esperasse que a maior velocidade de colheita pudesse recolher maior quantidade de impurezas, devido à maior velocidade dos fusos, os resultados demonstram que a colhedora possui um sistema eficiente para remoção dos capulhos com o mínimo de impurezas quando as regulagens e manutenções são cuidadosamente administradas, nas maiores velocidades.

Para discutir sobre a qualidade da fibra de algodão, alguns fatores devem ser considerados, como a umidade, que é o percentual de água presente na amostra, que varia com o tempo, a temperatura e a umidade à qual as amostras estão expostas. É necessário umidade constante para manter os resultados dos testes do Instrumento de Alto Volume (HVI) no mesmo nível de acuidade e precisão. A média de umidade encontrada na amostra na hora da análise foi de 8,41% e é considerada alta (8,1 a 9,9%). A melhor acuidade e precisão são obtidas com uma umidade média na amostra de 6,5% a 8% (Sestren e Lima, 2015).

Segundo a norma ASTM D 1448-79 (*American Society for Testing and Materials*) os resultados de todos os tratamentos para índice de *micronaire* foi caracterizado como regular ou média (4,0 a 4,9), tendo como média entre as

velocidades, o valor de 4,6. A mesma classificação foi obtida por Sluijs et al. (2015) com média de valores de 4,16; assim como para Echer e Rosolem (2015), médias de 4,2 em Paranapanema.

Sui et al. (2010) concluíram que geralmente, quando se realiza a colheita mecanizada obtém-se valor *micronaire* inferior à colheita manual, pois a máquina colhe também os capulhos imaturos e impurezas.

O índice *micronaire* é uma importante variável para a comercialização da qualidade da fibra (GE, 2007), já que valores elevados (>5,0) são classificados como fibras muito grossas, devido ao aumento da porcentagem de irregularidade e imperfeições na seção transversal do fio. No entanto, baixos valores (<3,5) sugerem que a fibra é imatura e pode causar defeito nos tecidos (neps) e, conseqüentemente, baixa incorporação de corante durante o acabamento (Kljun et al., 2014).

De acordo com a norma ASTM D 1447, o índice de uniformidade do comprimento foi considerado regular (80 a 82%), com os valores de 80,23% em média. Os valores estão pouco abaixo da média de Pupim-Junior et al. (2005) e Fonseca et al. (2003) que encontraram média de 85,95%.

Quando analisada a resistência à ruptura das fibras, de acordo com a norma ASTM D 1445, a média dos valores entre as velocidades foi de 29,12, sendo assim classificada como elevada (27-29), classificação esta diferente da obtida por Sluijs et al. (2015), com média de valores de 30,25, se encaixando na classificação “muito elevada” para valores maiores que 30.

Estudos indicam que a resistência da fibra é mais responsiva ao ambiente do que o comprimento e a espessura. Outros estudos indicam que a resistência está ligada a fatores genéticos (Mackenzie e Van Schaik, 1963; Smith and Coyle, 1997). Coyle e Smith (1997); Smith e Coyle, (1997) estudaram em seis genótipos que a resistência da fibra está inversamente correlacionada com a produtividade, sugerindo que fibras mais fortes parecem demandar energia da planta que poderia ser enviada à produtividade, ou seja, à massa e o número de fibras, os autores afirmam que esta relação deva ser quebrada, através do melhoramento genético ou no nível molecular.

A fibra começa a engrossar 15-20 dias após a antese, como anéis de celulose que são depositados na formação da parede secundária até cerca de 50 dias após a antese. A celulose é depositada em ângulos ligeiramente diferentes durante esse processo, um recurso para oferecer resistência à fibra (Davidones et al., 2004).

Analisando a média de índice de maturidade expresso em porcentagem, observa-se o valor 87, o qual, segundo Fonseca e Santana (2002), é considerado maduro (80 ou mais), parâmetro este, considerado adequado de acordo com a literatura já citada anteriormente.

A parede celular primária e a cutícula compõem aproximadamente 2% do total da espessura da parede (Ramey, 1982; Ryser, 1985). O restante da parede da fibra é 98% celulose na parede secundária, que engrossa significativamente conforme fotossintatos polimerizados são depositados durante a maturação da fibra. Dessa forma, qualquer fator fenótipo que influencie a fotossintetização do carbono e a fixação de celulose, afetará a maturação fisiológica da fibra (Sassenrath-Cole e Hedin, 1996).

A média dos valores obtidos do comprimento médio (UHML) no presente trabalho é de 26,32, valor este considerado regular (25,16 a 27,94) de acordo com ASTM D-1447. Quanto mais longa, melhor é a fibra, pois sua fiação é mais forte e mais fina, por isso, a análise do comprimento médio da metade superior da fibra tem grande importância para a comercialização do lote. Contrastando com o presente trabalho, Sluijs et al. (2015) obteve média de valores de 30,6, o que refere-se à classificação "longa".

O comprimento e o diâmetro são em grande parte dependentes da genética. Já as propriedades de maturação que são dependentes da deposição de fotossintato na parede da célula da fibra são mais sensíveis às alterações no ambiente (Bradow e Davidones, 2000).

Foi observado valor médio para alongamento da fibra de 6,01, considerado regular segundo a norma ASTM D 1445. O alongamento permite avaliar o comportamento elástico do material têxtil submetido a um esforço de tração, proporcionando uma idéia sobre a fiabilidade esperada (Fonseca e Santana, 2003).

Quanto ao índice de fibras curtas, foi obtido no trabalho, valor médio de 12,24, o qual, segundo ASTM D-1444 é considerado médio (10 a 13). Fibras curtas não são desejadas nos processos têxteis, pois causam desperdícios e reduzem a eficiência de produção, os fatores que afetam o índice de fibras curtas podem ser genéticos, ambientais, de descaroçamento e aplicação precoce de desfolhante (Oz, 2014).

Outras características da fibra igualmente importantes, com referência a cor e fluorescência do material, são as variáveis reflectância e amarelamento, que no presente trabalho, apresentaram valores médios de 80,45 e 8,39 respectivamente;

esses são representados pelo símbolo SM (Strict Middling) e código (tipo) 21-2 significando cor branca.

Os valores de reflectância e amarelamento (80,46 e 8,40, respectivamente) apresentaram valores melhores quando comparados aos valores obtidos por Ge et al. (2008), com os valores médios de 78,2 e 9,84 respectivamente. Porém com valores maiores de reflectância em comparação com Ferreira (2013), que obteve (73,66; 75,94) para as cultivares IMACD 408 e FMT 701 no sistema de colheita *picker*, em experimento realizado em São Lourenço de Fátima, MT.

O conteúdo de impurezas corresponde à incidência de matéria não fibrosa contida na amostra de algodão quando comparada aos padrões físicos universais (Fonseca e Santana, 2002). Observa-se na Tabela 3 que as velocidades não mostraram diferenças quanto a este conteúdo de impurezas, apresentando média 5,65, valor este que está dentro da variação considerada aceitável na comercialização por Costa et al (2006).

Ao contrário do exposto na Tabela 1, os coeficientes de variação foram baixos (Tabelas 2 e 3), fato que é explicado devido às características e qualidade da fibra não serem tão variáveis quanto as perdas quantitativas.

3.3.3 Capacidade de campo efetiva

O espaçamento utilizado na semeadura do experimento foi de 0,76 m, e a plataforma da colhedora possuía seis linhas, o que faz com que a plataforma totalize 4,5 m, influenciando diretamente na capacidade de colheita da cultura. A capacidade de campo efetiva é a razão de desempenho obtida, se a máquina operar todo o tempo à velocidade nominal, utilizando 100% de sua largura.

Foram avaliadas cinco velocidades, ou seja, cinco diferentes capacidades de campo efetivas, à 5 km h⁻¹ esse valor foi de 2,3 ha h⁻¹, obviamente, com o aumento da velocidade, a capacidade de campo efetiva aumentou, tendo valores de 2,7; 3,2; 3,6 e 4,1 ha h⁻¹, às velocidades de 6, 7, 8 e 9 km h⁻¹ respectivamente, reforçando que estes valores foram obtidos excluindo o tempo perdido, que inclui: manutenção, abastecimento, manobras, etc.

Salassi et al. (2015) avaliaram duas colhedoras de seis linhas quanto sua capacidade efetiva de campo: Case-IH Module Express 625 e John Deere 7760.

Observando os valores do modelo da empresa Case, conclui-se que a uma velocidade de $7,7 \text{ km h}^{-1}$, a capacidade efetiva de colheita é de $3,76 \text{ ha h}^{-1}$, já para o modelo de fusos, John Deere 7760, este valor foi inferior, registrando uma capacidade efetiva de colheita de $2,7 \text{ ha h}^{-1}$ a uma velocidade de $6,7 \text{ km h}^{-1}$.

Por ter obtido resultados não significativos nas análises feitas nas velocidades de colheita estudadas, pode-se afirmar que entre os deslocamentos de 5, 6, 7, 8 e 9 km h^{-1} , a indicada a ser utilizada, seria a de 9 km h^{-1} , devido à maior capacidade efetiva das colhedoras, uma vez que a velocidade não influenciou nas perdas quantitativas e qualitativas da fibra.

3.4 CONCLUSÃO

Tanto as perdas no solo e na planta quanto as perdas qualitativas não foram afetadas pelo aumento da velocidade de colheita.

3.5 REFERÊNCIAS

BELOT, J. L.; VILELA, P. M. C. A. Colheita de algodão. In: FACUAL - Fundo de Apoio a Pesquisa do Algodão. **Algodão – Pesquisas e Resultados para o Campo**. Cuiabá: FACUAL, 2006. 390p.

BRADOW, J. M.; DAVIDONIS, G. H. Quantization of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective. *The Journal of Cotton Science*, v. 4, p.34-64, 2000.

BRASIL. Instrução Normativa nº 63, de 5 de dezembro de 2002. Aprova o Regulamento técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Algodão em Pluma. **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 de dezembro de 2002. Seção 1, p.6-8

CARVALHO, N. M. Maturação de sementes de algodão, *Gossypium hirsutum* L. **Revista Semente**, 0, 4:7, 1973.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira – Grãos safra 2015/16, quarto levantamento, janeiro 2016. Brasília, DF 152p. 2016. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>

Costa JN, Santana JCF, Wanderley MJR, Andrade JEO, Sobrinho RE (2006) *Padrões Universais para Classificação do Algodão*. Campina Grande: Embrapa Algodão. (Documentos, 151). 23 p

COYLE, G.G.; SMITH, C. W. Combining ability for within-boll yield componentes in cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci*, 37:1118-1122, 1997.

DAVIDONIS, G. H.; JOHNSON, A. S.; LANDIVAR, J. A.; FERNANDEZ, C. J. Cotton fiber quality is related to boll location and planting date. *Agronomy Journal*, v. 96, p. 42-47, 2004.

ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A. Cotton yield and fiber quality affected by row spacing and shading at diferente growth stages. *European Journal of Agronomy*, v.65:18-26, 2015.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Brasília, 2013. 353 p.

FERREIRA, F. M. (2013). Perdas na colheita e qualidade da fibra de cultivares de algodão adensado em função de sistemas de colheita. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

FERREIRA, F. M.; SILVA, A. R. B.; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H.; KROTH, B. E.; ORMOND, A. T. **Pluma Perdida**. Cultivar Máquinas. Ano XIII, Nº 137, p.34-37, Fev. 2014.

FERREIRA, F. M.; KAZAMA, E. H.; FIORESE, D. A.; SILVA, A. R. B. Velocidade de colheita sobre as perdas quantitativas e o percentual de fibra do algodão. *Enciclopédia Biosfera*. v. 11, n.21, p.1923-1931, 2015.

FONSECA, R. G. da.; SANTANA, J. C. F. de.; BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, E. C.; SANTOS, J. W.; VALENÇA, A. R. Potencialidades tecnológicas de fibra disponíveis nos programas de melhoramento genético da Embrapa Algodão nos estados do Ceará e do Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003. GOIANIA - GO. **Anais...** Algodão: um Mercado em Evolução. CD ROM. 2003. Disponível em:
<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/384.pdf>. Acesso em 03/10/2015.

FREIRE, E. C.; BOLDT, A. F.; OLIVEIRA, L. C.; ANDRADE, F. P. Perdas na colheita mecanizada do algodão em Mato Grosso. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 8., 1995, Londrina. **Ata...** Londrina: IAPAR, 1995. p.133.

GE, Y.; THOMASSON, J. A.; SUI, R. (2012) Wireless and GPS system por cotton fiber quality mapping. *Precision Agric* (2012) 13:90-103.

GE, Y. Mapping in-field cotton fiber quality and relating it to soil moisture. Texas A & M University, TX. 2007.

GE, Y.; THOMASSON J. A.; SUI, R.; MORGAN, C. L.; SEARCY, S. W.; PARNELL, C. B. (2008) Spatial variation of fiber quality and associated loan rate in a dryland cotton field. *Precision Agric*. 9:181-194.

JOHNSON, R. M.; DOWNER, R. G.; BRADOW, J. M.; BAUER, P. J.; SANDLER, E. J. (2002) Variability in cotton fiber yield, fiber quality, and soil properties in a southeastern coastal plain. *Agronomy Journal*, 94, 1305-1316.

KAZAMA, E. H.; FERREIRA, F. M.; SILVA, R. P.; SILVA, A. R. B. FIORESE, D. A. Multivariate analysis of fiber characteristics of dense cotton in different harvest systems. *Australian Journal of Crop Science*, v.9(11): 1075-1081, 2015.

KLJUN, A.; EL-DESSOUKY, H. M.; BENIANS, T. A.; GOUBET, F.; MEULEWAETER, F.; KNOX, J. P.; BLACKBURN, R. S. Analysis of the physical properties of developing cotton fibers. *European Polymer Journal*, v. 51, p. 57-68, 2014.

MACKENZIE, A. J. SCHAIK, P. H. Effect of nitrogen on yield, boll, and fiber properties of four varieties of irrigated cotton, *Agron J*. 55: 345-347, 1963.

OZ, E. Performance evaluation of a tractor mounted mechanical cotton *picker*. **Bulg. J. Agric. Sci.**, v.20, p.487-496, 2014.

PUPIM-JUNIOR, O.; BELOT, J. L.; VILELA, P. C. A.; ZAMBIASI, T. C.; MARTIN, J.; RIBEIRO, G. A.; FERREIRA, D. S. CD 408, Variedade de algodão de alto potencial e estabilidade produtividade para as regiões do sul do Brasil.In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5., 2005. Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2005. Disponível em:

http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/245.pdf. Acesso em 15/10/2015.

RAMEY, H. H. The meaning and assesment of cotton fibre fineness. Int. Inst. For Cotton, Manchester, UK, 1982.

RYSER, U. Cell wall biosynthesis in differentiating cotton fibers. Eur. J. Cell Biol. 39: 236-256, 1985.

SALASSI, M. E.; DELIBERTO, M. A.; FALCONER, L. L. Comparative custos of onboard module building cotton harvest systems in the Mid-South. Journal of ASFMRA, 12(25):1-14, 2015.

SASSERANTH-COLE, G. F.; HEDIN, P. A. Cotton fiber development: growth and energy contente of developing cotton fruits, p. 1247-1249. In proc. Beltwide Cotton Conf., Nashville, TN. 9-12 Jan. 1996. Natl. Cotton Counc. Am., Memphis TN, 1996.

SESTREN, J. A.; LIMA, J. J. Característica e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, DF: ABRAPA, 2007. Cap. 22, 765-820.

SMITH, C. W.; COYLE, GG. Association of fiber quality parameter and within-boll yield componentes in upland cotton. Crop Sci. 97: 1775-1779, 1997.

SILVA, O. R. R. F.; SOFIATTI, V.; MION, R. L. Colheita mecanizada do algodão. In: FREIRE, E. C. (ed). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Positiva. Cap 16, 583-611, 2015.

SILVA, R. P., SOUZA, F. G., CORTEZ, J. W., FURLANI, C. A. E., VIGNA, G. P. Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. **Engenharia. Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.742-752, 2007.

SLUIJS, M. HJ. V. D.; LONG, R. L.; BANGE, M. P. Comparing cotton fiber quality from conventional and round module harvesting methods. **Textile research journal**.v.85, n.9, p. 987-997, 2015.

Soares, J. J.; Lara, F. M.; Silva, C. A. D.; Almeida, R. P.; Wanderley, D. S. (1999). Influência da posição do fruto na planta sobre a produção do algodoeiro. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, 34 (5), 755-759.

SUI, R.; THOMASSON, J. A.; BYLER, R. K.; BOYKIN, J. C.; BARNES, E. M. Effect of machine-fiber interaction on cotton fiber quality and foreign-matter particle attachment to fiber. *Journal of cotton Science*, v.14:145-153, 2010.

VIEIRA, C.P.; CUNHA, L.J.C.; ZÓFOLI, R.C. Colheita. In: Algodão: *Tecnologia de Produção*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p.273-6.

Wullschleger, S. D. and D. M. Oosterhuis. (1990). Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. *Crop Science*, 30, 1259-1264.

CONCLUSÕES

Existe relação do terço inferior da planta com a população de plantas, a população de plantas possui relação com a altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo e as perdas na planta e no solo.

A velocidade de colheita ou a população de plantas podem influenciar na dependência espacial das perdas no terço médio e superior da planta.

A maior extensão das perdas no terço inferior da planta ocorre no sentido das linhas de semeadura e deslocamento da colhedora.

As perdas de algodão no solo são a principal fonte de perdas no processo.

A geoestatística mostrou-se como uma ferramenta inovadora para compreender o processo de perdas na colheita mecanizada do algodão, uma vez que permite definir a dependência espacial das perdas, e comprovar que esta variável possui relação com a planta no espaço, não ocorrendo de maneira aleatória.

Tanto as perdas no solo e na planta quanto as perdas qualitativas não foram afetadas pelo aumento da velocidade de colheita.