



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ  
CAMPUS LUIZ MENEGHEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**JOSÉ FERNANDO DE OLIVEIRA DELGADO**

**DESENVOLVIMENTO DE DOSADOR DE  
FERTILIZANTES SÓLIDOS DE DUPLA ESTEIRA**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL  
2021**

**JOSÉ FERNANDO DE OLIVEIRA DELGADO**

**DESENVOLVIMENTO DE DOSADOR DE  
FERTILIZANTES SÓLIDOS DE DUPLA ESTEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em  
Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do  
Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva  
**Coorientador:** Prof. Dr. Mateus Marrafon Nicolosi

BANDEIRANTES, PR, BRASIL  
2021

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

Dd Delgado, José Fernando Oliveira  
DESENVOLVIMENTO DE DOSADOR DE FERTILIZANTES  
SÓLIDOS DE DUPLA ESTEIRA / José Fernando Oliveira  
Delgado; orientador Marcos Augusto Alves Silva; co  
orientador Matheus Marrafon Nicolosi - Bandeirantes,  
2021.  
73 p.  
  
Dissertação (Mestrado Acadêmico Agronomia) -  
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia, 2021.  
  
1. Dosador.. 2. Protótipo.. 3. Fertilizante.. 4.  
Sistema Dupla Esteira.. 5. Sistema Helicoidal. I.  
Silva, Marcos Augusto Alves, orient. II. Nicolosi,  
Matheus Marrafon, co-orient. III. Título.

**JOSÉ FERNANDO DE OLIVEIRA DELGADO**

**DESENVOLVIMENTO DE DOSADOR DE  
FERTILIZANTES SÓLIDOS DE DUPLA ESTEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em  
Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do  
Paraná, *Campus Luiz Meneghel*.

Aprovado em: 30/07/2021

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva  
Prof. Dr. Oriel Tiago Kolln  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karina Aline Alves

UENP  
UENP  
UNOPAR

---

Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva  
Orientador  
Universidade Estadual do Norte do Paraná  
Campus Luiz Meneghel

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta pesquisa aos meus pais, meus maiores e melhores orientadores na vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Nossa Senhora e São Miguel Arcanjo por ter me dado a vida, me iluminar em todos os momentos e por estar ao meu lado nos dias ruins para me sustentar de pé.

Aos meus pais, João e Neusa pela paciência, compreensão, apoio, confiança e amor.

Aos meus irmãos e sobrinhos, que estiveram ao meu lado, incentivando tanto nos momentos difíceis como também nas alegrias.

Ao meu tio Antônio, que em momento algum questionou a necessidade de me ausentar do trabalho para me dedicar ao mestrado.

Aos meus primos Toni, Fátima e Beth, que apesar da necessidade da minha presença no trabalho compreenderam que minhas ausências no trabalho visaram buscar o melhor para meu futuro.

Ao meu orientador, Dr. Marcos Augusto Alves da Silva, por ter aberto as portas para mim, sem me conhecer como pessoa e ser um profissional de outra área de formação, acreditou e aceitou o desafio.

Ao meu coorientador, Dr. Matheus Marrafon Nicolosi, pelo presente que foi esse projeto e pela parceria tanto profissional quanto pessoal.

A vocês agradeço por acreditarem no meu potencial independente de qualquer situação. Obrigado pela atenção diária e por me ajudar a aprender um pouco mais sobre mecanização agrícola, me ajudando a desenvolver o senso crítico e construindo um conhecimento intelectual de qualidade.

Aos demais membros da banca, Dr. Oriel Tiago Koll e Dr.<sup>a</sup> Karina Aline Alves, pela disponibilidade em contribuir com esse trabalho.

À secretária do Programa de Mestrado em Agronomia da UENP, Sonia Fronteli, por ser uma mãe com cada um dos mestrandos do programa e colaborar com todo procedimento burocrático desde a matrícula até o término do mestrado e pelos seus conselhos.

À Universidade Estadual do Norte do Paraná- UENP – *Campus* Luiz Meneghel, professores e servidores.

À Universidade Norte do Paraná - UNOPAR – *Campus* Bandeirantes, professores e servidores, em especial as professoras Dr.<sup>a</sup> Aline Vanessa Sauer, Dr.<sup>a</sup>

Camila Ferreira Miashyro, Dr. Jethro Barros Osipe, Dr.<sup>a</sup> Karina Aline Alves e Ma. Renata Castanho, por desde o início da minha graduação incentivar e mostrar a possibilidade de me tornar um mestre, e por contribuírem para a minha formação profissional.

À Keure Matheus Marrafon e Davi Matheus Marrafon, agradeço por dividirem seu esposo e pai comigo, nos momentos de lazer da família durante esses dois anos de mestrado.

Aos meus amigos Cassia Pereira de Brito, Dayane de Souza, Erich Duarte, Guilher Shinozaki, Jessiney Sena e Waldyr, por sempre em algum momento estiveram presentes auxiliando no meu desenvolvimento dentro do programa.

Pelos trabalhos em grupos e companhia, agradeço aos meus amigos Aline Garcia da Silva, Danielly Wisoczynski de Sene, Guilherme Henrique Alves, Letícia Ferreira Ronqui e Rodrigo Ferrari Contin, a turma 02/2019 foi incrível, e vocês serão amigos que levarei para a vida toda.

As minhas amigas Maria das Graças Midauar e Sandra Martins que no momento mais difícil da minha vida me apoiaram e não deixaram com que eu desistisse.

Aos meus amigos, Fabrízio Aranha, Gabriela Silva, Leandro Alvarenga, Lucas Martins, Melina Wild Inácio e Odair de Oliveira, que dentro de suas limitações sempre estiveram presente e dividiram suas experiências de como superar desafios.

Aos proprietários e funcionários da Fazenda das Pombas em Vicentinópolis - GO, que além de contribuir com a força física para a realização da pesquisa ainda estiveram comigo por esses dois anos de pesquisa.

E a todos que, de maneira direta ou indireta contribuíram para a conclusão do mestrado e torceram por mim, meu muito obrigado!

**DELGADO**, José Fernando Oliveira. **Desenvolvimento de dosador de fertilizantes sólidos de dupla esteira** - 2021. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR, 2021.

## RESUMO

A distribuição de fertilizantes granulados é realizada juntamente com a semeadura e adquiriu mais uso com a realização do plantio direto, que busca revolver o mínimo possível do solo, porém devem ser utilizados de forma racional. Considerando a importância da fertilização, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um novo conceito de dosador de fertilizantes para as semeadoras com mecanismo de dosador de fertilizantes de tecnologia simples garantido uma aplicação uniforme. O experimento foi realizado em três etapas divididas entre o desenvolvimento do protótipo dosador de fertilizantes sólidos, teste de bancada do protótipo em diferentes inclinações, realizado no laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade Pitágoras Unopar, Campus Bandeirantes-PR, e por fim o experimento a campo conduzido na cidade de Vicentinópolis-GO, utilizando a cultura do milho e o fertilizante de formulação 08-28-18, implantado em novembro de 2020. O delineamento foi em blocos casualizados com 02 tratamentos, sendo T1 (dosador helicoidal) e T2 (dosador dupla esteira), com amostragem de 31 plantas sequenciais. As parcelas foram constituídas de 05 linhas de milho, de 100 m comprimento por 2,5 m de largura totalizando 250 m<sup>2</sup>, e considerando com área útil as linhas centrais de cada tratamento. As variáveis analisadas foram: altura da inserção da espiga, diâmetro de colmo, distribuição longitudinal entre plantas e produtividade por plantas ao final do ciclo da cultura. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de cartas de controle de valores individuais e amplitude móvel. Os tratamentos apresentaram distribuição entre plantas parecidas com média de 36,7 cm, no entanto, a distribuição uniforme do fertilizante pelo T2 (DDE) obteve uma produtividade média por plantas de 272,72g em relação ao T1 (DH) que foi de 255,4g por planta, totalizando 13.792,12 kg há<sup>-1</sup> para T1 e 14.702,98 kg h<sup>-1</sup> para T2, o que representa um ganho real de produtividade de 6,6%.

**Palavras-chave:** Distribuição de fertilizantes; Inclinação longitudinal; Milho; Protótipo; Sistema de esteira; Sistema helicoidal.

**DELGADO, José Fernando Oliveira. Development of a double belt solid fertilizer doser** - 2021. Master's Dissertation in Agronomy – Universidade Estadual Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR, 2021.*

## **ABSTRACT**

The distribution of granular fertilizers is carried out together with sowing and acquired more use with direct planting, which seeks to turn over as little of the soil as possible, but they must be used rationally. Considering the importance of fertilization, the objective of this work was to develop a new concept of fertilizer metering for seeders with a simple technology fertilizer metering mechanism ensuring uniform application. The experiment was carried out in three stages divided between the development of the solid fertilizer dosing prototype, bench testing of the prototype and different inclinations, carried out in the Mechanical Engineering laboratory of the Pitágoras Unopar University, Campus Bandeirantes-PR, and finally the field experiment carried out in the city of Vicentinópolis-GO, using corn crop and fertilizer formulation 08-28-18, implemented in November 2020. The design was in randomized blocks with 02 treatments, in T1 (helical feeder) and T2 (doser conveyor belt), with sampling of 31 sequential plants. The plots consisted of 05 lines of corn, 100 m long by 2.5 m wide, totaling 250 m<sup>2</sup>, and considering the useful area of the central lines of each treatment. The variables analyzed were: height of ear insertion, stem diameter, longitudinal distribution between plants and yield per plant at the end of the crop cycle. The obtained results were submitted to the analysis of control charts of individual values and moving range. The treatments showed similar distribution between plants with an average of 36.7 cm, however, the uniform distribution of fertilizer by T2 (DDE) had an average productivity per plant of 272.72g compared to T1 (DH) which was 255, 4g per plant, totaling 13,792.12 kg ha<sup>-1</sup> for T1 and 14,702.98 kg h<sup>-1</sup> for T2, which represents a real productivity gain of 6.6%.

**Keywords:** Fertilizer distribution; Longitudinal slope; Corn; Prototype; Treadmill system; Helical system.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Dosador FertSystem ITS 5000. _____	18
<b>Figura 2.</b> Diferentes passos helicoidais. _____	18
<b>Figura 3.</b> Detalhamento do revestimento para uréia. _____	21
<b>Figura 4.</b> Representação gráfica de processos sob controle e fora de controle. _____	26
<b>Figura 5.</b> Dosado Dupla Esteira desenvolvido. _____	33
<b>Figura 6.</b> Desenho explodido Dosado Dupla Esteira. _____	34
<b>Figura 7.</b> Modelo utilizado para determinação do ângulo de repouso do Fertilizante. _____	37
<b>Figura 8.</b> Área do experimento a campo (avaliação efetuado área em vermelho). _____	39
<b>Figura 9.</b> Croqui do experimento a campo. _____	40
<b>Figura 10.</b> Dados climatológicos. _____	41
<b>Figura 11.</b> Quantidade de fertilizante retido peneira p5 (4mm g <sup>-1</sup> ). _____	44
<b>Figura 12.</b> Quantidade de fertilizante passante peneira p10 (2mm g <sup>-1</sup> ). _____	44
<b>Figura 13.</b> Quantidade de fertilizante retido na peneira p35 (0,5 mm g <sup>-1</sup> ). _____	45
<b>Figura 14.</b> Quantidade de fertilizante passante na peneira p35 (0,5 mm g <sup>-1</sup> ). _____	46
<b>Figura 15.</b> Dados teor de água (%). _____	47
<b>Figura 16.</b> Ângulo de repouso do fertilizante. _____	48
<b>Figura 17.</b> Teste de bancada do Dosador Helicoidal nivelado. _____	49
<b>Figura 18.</b> Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira nivelado. _____	49
<b>Figura 19.</b> Teste de bancada do Dosador Helicoidal em aclave (+5°). _____	51
<b>Figura 20.</b> Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em aclave (+5°). _____	51
<b>Figura 21.</b> Teste de bancada do Dosador Helicoidal em aclave (+10°). _____	53
<b>Figura 22.</b> Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em aclave (+10°). _____	53
<b>Figura 23.</b> Teste de bancada do Dosador Helicoidal em declive (-5°). _____	55
<b>Figura 24.</b> Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em declive de (-5°). _____	55

<b>Figura 25.</b> Teste de bancada do Dosador Helicoidal em declive de (-10°). _____	57
<b>Figura 26.</b> Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em declive (-10°). _____	57
<b>Figura 27.</b> Distância longitudinal entre plantas Dosador Helicoidal. _____	59
<b>Figura 28.</b> Distância longitudinal entre plantas Dosador Dupla Esteira. _____	59
<b>Figura 29.</b> Altura da inserção da espiga principal Dosador Helicoidal. _____	61
<b>Figura 30.</b> Altura da inserção da espiga principal Dosador Dupla Esteira. _____	61
<b>Figura 31.</b> Diâmetro de colmo Dosador Helicoidal. _____	63
<b>Figura 32.</b> Diâmetro de colmo Dosador Dupla Esteira. _____	63
<b>Figura 33.</b> Produtividade por plantas Dosador Helicoidal. _____	65
<b>Figura 34.</b> Produtividade por plantas Dosador Dupla Esteira. _____	65

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 Dosadores de fertilizantes .....	16
2.2 Fertilizantes.....	19
2.2.1 Fertilizantes de liberação lenta e controlada .....	20
2.2.2 Fertilizante organomineral .....	22
2.3 Fatores que influenciam na qualidade na aplicação de fertilizantes .....	23
2.4 Cartas de controle .....	25
2.4.1 Cartas de controle de valores individuais .....	27
2.4.2 Cartas de controle de amplitude móvel.....	27
<b>3. ARTIGO A - DESENVOLVIMENTO DE DOSADOR DE FERTILIZANTES SÓLIDOS DE DUPLA ESTEIRA .....</b>	<b>29</b>
3.1 RESUMO.....	29
3.2 ABSTRACT.....	30
3.3 INTRODUÇÃO .....	31
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.4.1 Etapa I .....	32
3.4.1.2 Funcionamento do dosador de dupla esteira .....	35
3.4.2 Etapa II.....	36
3.4.2.1 Caracterização das propriedades físicas do fertilizante e avaliação do protótipo de dosador de dupla esteira para fertilizantes sólidos.....	36
3.4.3 Etapa III.....	38
3.4.3.1 Insumos e equipamentos .....	41
3.4.3.2 Avaliações agronômicas.....	42
3.4.3.3 Análises estatísticas.....	42
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
4.1 Caracterização de fertilizantes .....	43
4.2 Distribuição em função do ângulo de inclinação.....	48
4.3 Desenvolvimento da cultura e produtividade .....	58
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>

**6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 67**

## 1. INTRODUÇÃO

Com um crescente aumento da população mundial, a questão alimentar se tornou um fator indispensável no que diz respeito ao planejamento demográfico, pois é necessário a produção de alimentos em grande escala e de qualidade, em vista dessas necessidades a agricultura necessitou buscar maneiras de supri-las, desta forma a mecanização agrícola e suas inovações tecnológicas surgiram com a finalidade de contribuir para o aumento da produção de alimentos contribuindo pra este fim (KLAVER, 2013; GRISA & SCHNEIDER, 2015; PEREIRA et al., 2017).

No Brasil, segundo a estimativa do IBGE (2020) a safra foi totalizada em 254,1 milhões de toneladas comparada com o ano de 2019 que foi de 230 milhões de toneladas, havendo um aumento. O arroz, milho e soja que representaram uma área colhida de 92,7%, e frente aos resultados do ano de 2019 a área de soja cresceu em 7,1% seguido pelo milho em 2,7% e fechando com o arroz em 7,7%.

Com a necessidade do aumento na escala de produção e manter os restos culturais no solo para conservar o meio ambiente e a microbiota, o método do plantio direto é constantemente utilizado, portanto, se torna necessária a utilização de máquinas agrícolas capazes de romper as camadas de solo compactadas, quantificar as sementes depositadas nos sulcos de semeadura abertos, fixar uma camada de solo em volta para cobri-las e por final incorporar fertilizante, tudo isso em uma mesma operação, sendo denominado semeadora-adubadora (semeadora com mecanismo de dosador de fertilizantes) (KLEIN et al. 2008; SILVEIRA et al. 2011).

Uma semeadora-adubadora (semeadora com mecanismo de dosador de fertilizantes) é uma máquina que possui basicamente um conjunto de cinco sistemas de grande importância que são o corte de palhada, a profundidade de semeadura, compactação de semente, distribuição de sementes e fertilizante que são indispensáveis garantindo uma adequada deposição de sementes e fertilizantes (FURLANI et al., 2013; MANTOVANI et al., 2015).

As semeadoras-adubadoras (semeadora com mecanismo de dosador de fertilizantes) possuem configurações que podem variar de acordo com as necessidades de cada produtor e a região em que se encontra a cultura instalada, porém são constituídas de chassi ou barra porta-ferramenta, sistema de engate para que possa ser acoplada ou arrastada pelo trator, rodados de transporte, mecanismo dosador, reservatório de fertilizante sólido e sementes, unidades de semeadura (linha de precisão

ou fluxo contínuo), estribos e os marcadores de linha que auxiliam na orientação do operador (ARAÚJO et al, 1999; VIZZOTTO, 2014).

Portanto, uma aplicação uniforme dos micros e macronutrientes são indispensáveis por fornecerem os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, porém devem ser utilizados de forma eficiente e racional, fornecidos na época correta e na quantidade exigida pela cultura, desta forma contribuindo para menores impactos ambientais, custos menores de produção e conseqüentemente apresentando uma maior produtividade e lucro (SOUSA et al., 2011; REYNALDO et al., 2016).

Segundo Costa et al. (1984), citado por Kempiski (2006) uma semeadora-adubadora (semeadora com mecanismo de dosador de fertilizantes) é considerada de precisão quando a mesma apresenta algumas características básicas como taxa adequada de descarga, percentagem de danificação mecânica baixa e uma distribuição de sementes e fertilizante de forma homogênea, sendo essas características afetadas diretamente pela velocidade tangencial dos discos horizontais.

Os tipos de solos que passaram por preparo convencional e conseqüentemente sofreram alterações nas suas propriedades físicas, são um dos fatores que pode impedir o êxito da semeadura e fertilização direta, como por exemplo, a densidade que influencia diretamente na resistência e na resiliência do solo não oferecendo ótimas condições de trabalho (COSTA et al, 2003).

Porém, o fator responsável diretamente associado à mecanização e a partes que constituem uma semeadora com mecanismo de dosador de fertilizantes e que influencia a regularidade da distribuição do fertilizante é o mecanismo dosador que funciona através de um sistema de "rosca sem fim" acionado por uma "roda de terra" por sistema de engrenagens (SCHULZ, 2010).

Para uma distribuição perfeitamente da dose desejada é necessário que o mecanismo do dosador esteja sempre cheio de fertilizante podendo obter-se a regulagem de acordo com o modelo da helicóide e a rotação, possibilitando assim o quantificar o fertilizante a ser depositado sob o solo em dose correta evitando que se ocorra desperdício (GARCIA, 2007 & BONOTTO, 2012).

Um fator atrelado ao dosador de fertilizantes sólidos que afeta diretamente na qualidade da distribuição são as características químicas e físicas dos fertilizantes minerais que determinam sua qualidade, porém nesse caso a de se observar também a granulometria, consistência, umidade, fluidez e densidade aparente que mais influenciam na deposição (ALCARDE et al., 1998; REYNALDO et al., 2016).

Devido à grande importância do mecanismo dosador é necessário avaliar seu desempenho em uma semeadora com mecanismo de dosador de fertilizantes com base no desempenho do distribuidor de fertilizante em relação à quantidade de punção e a variação de velocidade (VASCONCELOS, 2011).

Considerando a importância da fertilização, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um novo conceito de dosador de fertilizantes para as semeadoras com mecanismo de dosador de fertilizantes de tecnologia simples que não sofra interferência da vibração da máquina e do relevo em sua distribuição apresentando uma maior eficiência atingindo a dose recomendada e mantendo a menor variação possível na distribuição garantindo uma dosagem uniforme desta forma sendo mais preciso que o dosador helicoidal atualmente utilizado aperfeiçoando a dosagem de fertilizantes, pois o mesmo aplicado em excesso no solo é prejudicial às plantas e ao meio ambiente e gera um custo elevado (NASSER et al., 2012; GARCIA, 2011).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Dosadores de fertilizantes**

Utilizados em diversas máquinas agrícolas, cuja a finalidade é distribuir fertilizantes na cultura de maneira precisa, uniforme e de acordo com a necessidade de cada ponto amostrado no talhão, buscando ser eficiente quanto aplicação em relação a dosagem, tempo e área aplicada, pois associados a demais fatores da produção o dosador de fertilizantes pode vir a maximizar a produtividade do estande de planta (REYNALDO, 2009).

No entanto, por vezes, características que estejam ligadas às tecnologias de aplicação de fertilizantes negligenciadas pelo produtor rural, e até mesmo por profissionais com conhecimento técnico, que somente dão a devida atenção para a questão quando se encontram frente a uma área com os problemas em decorrência da falta dos cuidados referente interação equipamento x produto (VITTI & LUZ, 2002). Para Coelho et al. (1992), o desempenho dos dosadores está diretamente relacionado a parâmetros relativos ao fertilizante bem como as disposições construtivas e operacionais dos dosadores utilizados, ou seja, compreender o que foi construído e como foi

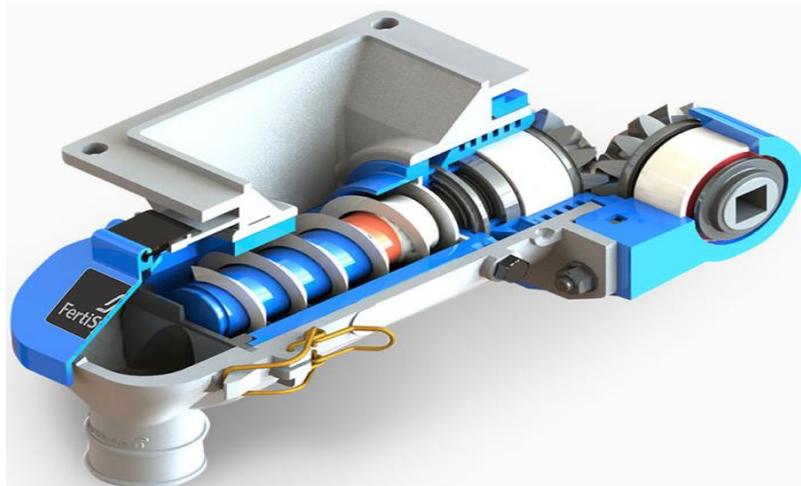
desenvolvido assim como, qual a sua melhor aplicação em operações de distribuição e qual o melhor produto destinado para esse processo.

Segundo Portella (1997), Balastreire (2005) e Camacho-Tamayo et al (2009), existem os seguintes tipos de dosadores de fertilizantes sólidos, o dosador helicoidal, corrente ou correia, rotor dentado, rotor vertical impulsor, disco horizontal rotativo e disco canelado.

- Dosador helicoidal: são os mais utilizados nas semeadoras adubadoras brasileiras, também conhecido como “rosca sem fim”. É formado por um eixo com um helicóide sob o depósito de fertilizante. A quantidade do produto depositado em solo vai variar conforme o acionamento do dosador e a velocidade angular do eixo. Pode ser realizado uma pré-regulagem do sistema de transmissão;
- Dosador de corrente ou correia: são compostos de uma corrente ou correia que trabalha ao fundo do reservatório de fertilizantes dosando a quantidade a ser aplicada no solo através de uma janela regulada e alteração de rotação da velocidade da corrente ou correia.
- Dosador de rotor dentado: são montados no fundo do depósito de adubo, e é constituído basicamente de um rotor dentado em horizontal, que recebe movimento de rotação de um eixo único, que recebe por sua vez movimento de rotação das rodas de sustentação da máquina, girando o rotor sobre uma placa de apoio que possui orifícios de saída do fertilizante;
- Dosador de rotor vertical impulsor: constituídos por secções impulsoras de chapas, de náilon ou ferro, fixadas a um eixo de acionamento, apresentam uma dupla função que são: agitação e impulsão do fertilizante para a janela de saída de fertilizantes;
- Dosador de disco horizontal rotativo: normalmente utilizados em semeadoras de grão mais graúdos, onde para cada linha de semeadura existem dosadores e depósitos para adubo, são constituídos basicamente de um disco rotativo, que se acopla a uma engrenagem coroa, que gira contra uma lingueta raspadora. A quantidade do fertilizante a ser distribuída é função da janela de saída, com abertura que varia em função do depósito de fertilizante, que por sua vez é solidário ao anel fundido;

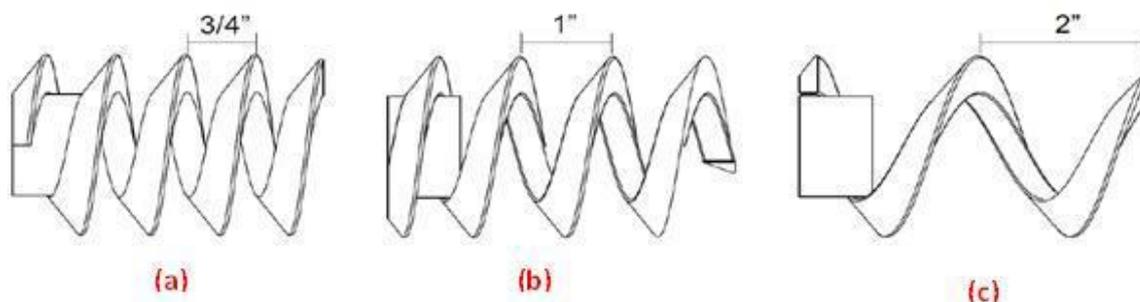
- Dosador de cilindros canelados: é constituído de uma esteira com sulcos, que por sua vez transportam em massa, conduzindo o fertilizante até os discos de distribuição.

Segundo levantamento feito por Francetto et al. (2012), foi encontrado 18 marcas de dosadores de fertilizantes sólidos englobando 558 modelos analisados. Os mais utilizados são os modelos de dosadores helicoidais. (Figura 1), representando 94,44% do mercado.



**Figura 1.** Dosador FertSystem ITS 5000.  
Fonte: Agromac, (2019).

Neste sistema, a vazão do produto é determinada conforme a velocidade angular do mecanismo. Quanto maior a velocidade de deslocamento, maior a rotação do dosador e vice-versa, com o objetivo de se manter constante a dosagem requerida por metro linear. Essa regulação de dosagem pode ser feita através de mudanças de relação de transmissão, trocas de engrenagem ou troca de roscas com diferentes passos (sem fim de  $\frac{3}{4}$ ”; 1”; 1  $\frac{1}{2}$ ”, 1  $\frac{3}{4}$ ” e 2”, conforme Figura 2 (a)  $\frac{3}{4}$ ”, (b) 1” e (c) 2”.



**Figura 2.** Diferentes passos helicoidais.  
Fonte: Agromac, (2019).

A fertilização é uma operação fundamental dentro do ciclo da cultura e segundo Perche Filho et al. (2012) é possível que falhas de adubação venham a trazer importantes perdas significativas de produção. Do ponto de vista técnico, tal erro pode ocasionar sub dosagem, o que acarreta em deficiência de elementos químicos ou em super-dosagem, que por sua vez causa toxicidade na planta. Tais problemas podem ocasionar perda de produtividade.

Molin e Mazzotti (2000), afirmam: “mesmo com uma boa seleção de insumos e fertilizantes, dosagens imprecisas, na operação de distribuição do produto”. Irá acarretar em comprometimento do rendimento da produção, da cultura e desperdício de produto que por sua vez será pouco eficiente em seu resultado.

Para Vitti & Luz (1997), a discussão em volta no que diz respeito ao desempenho passa por programas de qualidade e produtividade, de forma que fica vinculado à produção aspectos de operação em que as respostas obtidas da qualidade do trabalho realizado são ligadas diretamente ao agricultor.

Segundo Altmann et al. (2010), tipo dos fertilizantes, a inclinação de trabalho e velocidade de acionamento são os fatores que tem principal influência nos mecanismos de dosagem de fertilizantes durante seu funcionamento.

## **2.2 Fertilizantes**

Segundo Lopes (2000), é cada vez mais indispensável na agricultura moderna a prática do uso de fertilizantes minerais. Isso porque, esta é a forma mais rápida e de grande eficiência e eficácia a um custo operacional relativamente menor para que possa melhorar as características químicas de um solo, principalmente, no que diz respeito à disponibilidade de nutrientes para a cultura implantada. Porém para a obtenção satisfatória de produtividade da cultura, torna-se necessário levar em consideração alguns princípios que são básicos em fertilidade do solo como a lei do mínimo.

Esta lei sugere que a limitação no desenvolvimento de plantas ou culturas está ligada à deficiência de qualquer nutriente necessário para o crescimento e desenvolvimento da mesma, sem importar-se, os demais nutrientes vão suprir a demanda da planta. Isso acaba limitando a produção da cultura pela falta do nutriente menos disponível (Liebig 1840).

Um outro princípio que pode ser observado se chama, “lei dos incrementos decrescentes”, onde se observa que a resposta de produtividade da cultura aos aumentos sucessivos de fertilizantes se torna cada vez menor (RAIJ 1991). Lopes (1998) diz que, a fertilidade do solo faz parte de um sistema extremamente dinâmico, onde nutrientes são exportados, e também se perdem através de lixiviação ou por erosão.

Para (Sogaarde e Kierkegaard, 1994), uma distribuição uniforme e sua forma de aplicação, seguem a estreita relação de qualidade dos equipamentos aplicadores. Uma uniformidade de distribuição e a deposição adequada são cada vez mais necessárias e tem grande importância na obtenção de uma máxima produtividade a um custo cada vez menor, visto que no Brasil os fertilizantes representam a maior parcela no custo de produção (GARCIA 2007).

### **2.2.1 Fertilizantes de liberação lenta e controlada**

Os fertilizantes de liberação lenta e controlada de acordo com seus processos de produção podem ser divididos em dois grupos importantes disponíveis no mercado, que são classificados como: produtos de condensação de ureia-aldeídos (fertilizantes de liberação lenta), e fertilizantes encapsulados (fertilizantes de liberação controlada) (TRENKEL, 2010).

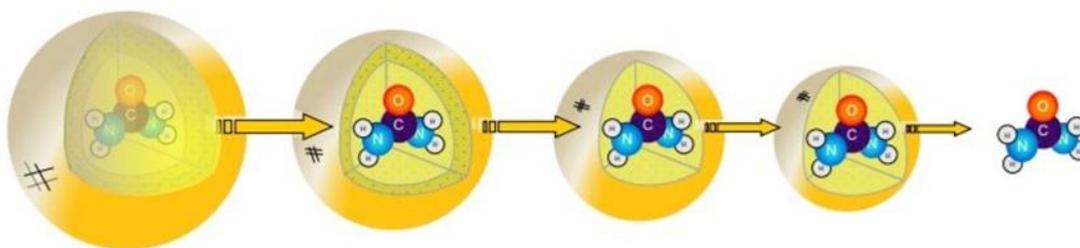
Fertilizantes de liberação lenta constituem um grupo maior de produtos denominados fertilizantes de eficiência e eficácia aprimorada. Vários produtos, são vistos com amplo interesse devido a mudanças no contexto agrônomico e ambiental (NOGUEIRA, MATTOSO, BLAYLOCK, 2007).

Com o objetivo de reduzir as perdas dos fertilizantes utilizados na agricultura os fertilizantes estabilizados e de liberação lenta ou controlada liberam os nutrientes de uma forma gradual estendendo a sua disponibilidade no solo, de forma que a liberação entre em sincronia com as necessidades nutricionais da planta. Assim eles fornecem nutrientes, maximizando a produção, uma vez que a perda de nutrientes é reduzida (EMBRAPA, 2018). Esses processos são controlados por mecanismos, de modo que a liberação seja feita em sincronia com as necessidades nutricionais da planta, o que favorece assim a eficiência de uso dos nutrientes e facilita a disponibilidade para a cultura (MATOS, 2017).

O uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada pode ser feita de forma conjunta ou isolada nos grânulos. Geralmente, a liberação do nutriente acontece quando algum fator externo como forças mecânicas, agentes químicos, variações de temperatura, entre outros, agem sobre seu revestimento e o rompendo, permitindo a entrada de água e a dissolução do fertilizante no núcleo do grânulo, desta forma disponibilizando-o para o solo (CANCELLIER, 2013).

Em trabalhos realizados por Bortobello-Santos (2014), Frazão (2014), Prochnow e Abdalla (2007), entre outros, demonstrou-se o aumento na eficiência no uso de adubos nitrogenados quando se empregou a ureia revestida, entretanto os elevados custos destes fertilizantes inviabilizam o uso em larga escala na agricultura comercial.

A finalidade de se aplicar um revestimento no fertilizante é a formação de uma camada protetora contra os agentes causadores da perda de nutrientes. Tal camada tem por finalidade, inicialmente, formar uma proteção para o conteúdo e, posteriormente, permitir a disponibilidade dos nutrientes à planta de forma gradual. O revestimento atua no controle de entrada e saída da água no fertilizante, através de revestimento insolúvel em água, impermeável com micróporos ou sendo semipermeável, desta forma controlando a taxa de dissolução dos nutrientes contidos dentro da cápsula ajustando a liberação desses de acordo com as necessidades das plantas, Figura 3, (SILVA, 2017).



**Figura 3.** Detalhamento do revestimento para ureia.

**Fonte:** Santos, 2015.

A disponibilização de nutriente de uma forma mais eficiente do ponto de vista agrônomo seria o modelo sigmoidal, com uma primeira fase de liberação lenta, seguida por uma segunda fase mais rápida (fase linear) e, finalmente na terceira fase, que vai disponibilizar totalmente o nutriente (SHAVIV et al., 2003). Formando um padrão adequado que atenda as épocas de maiores demandas das culturas, reduzindo as perdas por lixiviação e volatilização (TRENKEL, 2010). Autores como (GOMES et al.,

2011; QUEIROZ et al., 2011), assim como algumas empresas chamam os fertilizantes de liberação controlada de liberação gradual ou gradativa, de fertilizantes inteligentes.

Dessa forma, as principais vantagens apresentadas desses fertilizantes em relação aos fertilizantes comuns são o potencial de aumento da eficiência da adubação nitrogenada reduzindo as perdas de N no sistema solo-planta-atmosfera, implicando assim, em menor impacto ambiental (TRENKEL, 2010), além de um melhor ajuste na disponibilidade à demanda de nutrientes pela planta.

### **2.2.2 Fertilizante organomineral**

Atualmente tem-se as mais variadas formas de manejo, podendo-se optar pela adição de resíduos agroindustriais, esterco e fertilizante mineral, o que forma o fertilizante organomineral peletizado, que por sua vez são efetivos para o desenvolvimento das culturas devido à presença de matéria orgânica e minerais em grande quantidade nesses adubos.

Para Santos et al 2013, o uso de fertilizantes organominerais reduz as perdas de nutrientes como Fósforo, Nitrogênio e Potássio quando comparados aos adubos minerais, promovendo a diversidade e quantidade de micro-organismos que reestruturam o solo melhorando absorção dos nutrientes aplicados.

Quando comparados as fontes minerais ou a composto de origem orgânica, os fertilizantes organominerais proporcionam um aumento da interação entre a planta e o fertilizante aplicado (SOUZA et al., 2013).

Na legislação brasileira, por meio da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 23, DE 31 DE AGOSTO DE 2005, fertilizantes organominerais são definidos como: “produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos”. O CAPÍTULO III da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009, SEÇÃO V, Art8º, § 1º, fica estabelecido as atuais especificações, características e garantias referentes aos fertilizantes organominerais aplicados ao solo, que segundo a referida Instrução Normativa (IN), todo fertilizante sólido de origem organomineral deve apresentar no mínimo 8% de Carbono orgânico, CTC de 80 mmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> e 30% no máximo de umidade.

Zebarth et al. (2012) relatam que as adições de fertilizantes minerais a esterco durante o processo de produção dos fertilizantes organominerais aumentam a concentração de nutrientes demandando menores taxas de aplicação a campo, e que também essas adições de fertilizantes minerais colaboram no aumento da uniformidade nas concentrações e disponibilidade dos nutrientes no produto final.

### **2.3 Fatores que influenciam na qualidade na aplicação de fertilizantes**

As características dos fertilizantes quanto a forma física (densidade, coesão, forma, tamanho, fluidez das partículas, consistência e ângulo de repouso), química (forma química e teor dos nutrientes) e físico-químicas (solubilidade, índice salino, empedramento e higroscopicidade) influenciam na qualidade de aplicação, (SILVA, 1995).

Para Silva e Lopes (2011), a densidade é a característica dos fertilizantes ligadas a massa e volume. O conhecimento da densidade é de grande importância no dimensionamento de áreas de armazenamento e de embalagens de acordo com PADILHA (2005). A densidade específica define-se como o resultado da divisão do peso de um único grânulo por aquele de volume de água (a 40°C), e as variações na densidade específica aparente dos grânulos podem resultar por sua vez na variação de dureza, capacidade de retenção de umidade, e nas propriedades ligadas ao armazenamento (PADILHA, 2005).

Quanto a granulometria, os fertilizantes sólidos determinam-se pela forma e tamanho das partículas, se expressa quantitativamente por meio de resultados de análise granulométrica. Análise esta que por sua vez consiste basicamente em uma massa conhecida do produto passar por peneiras com o tamanho de abertura de suas malhas de forma decrescente e pesando a massa que se encontra retida e cada peneira e por fim se expressando cada fração de forma percentual (RODELLA e ALCARDE, 2013).

Fluidez, é a total capacidade de livre escoamento pelo sistema mecânico de aplicação e está relacionado à eficiência na distribuição de fertilizantes. Uma observação a ser feita é que a tendência desse escoamento é avaliada nos parâmetros do ângulo de repouso, quanto menor esse ângulo, maior será sua fluidez (SILVA e LOPES, 2011).

Higroscopicidade é a capacidade de absorção de água da atmosfera pelo fertilizante (SILVA e LOPES, 2011). Segundo Padilha (2005), pode se definir ainda a higroscopicidade como a unidade atmosférica acima da qual o fertilizante irá absorver de forma espontânea e abaixo da qual não absorverá água da atmosfera.

O alto teor de umidade em materiais granulados se torna algo indesejado por ter como resultado o aumento nas forças de coesão entre partículas (MASSOUDI, 2001), e isso influencia no armazenado por um longo tempo de fertilizantes sólido granulados, que em condições de alta umidade relativa resulta em compactação do produto, redução de porosidade e causando aumento a resistência do fluxo (CAMACHO-TAMAYO et al.2009).

Em decorrência da composição granulométrica, fertilizantes considerados sólidos podem apresentar algum tipo de segregação, que nada mais é do que a separação das partículas componentes de uma mistura por ordem de tamanho e densidade (POPP & ULRICCH, 1985).

No entanto, SMITH (1960) afirma que a segregação prejudica particularmente a uniformidade relacionada aos teores de micronutrientes quando uma quantidade relativamente pequena e geralmente em formato de pó, é adicionada às misturas de grânulos.

Sendo assim, no processo de aplicação, a considerada segregação física ocorre, principalmente, por causa das partículas de tamanho inferior a 0,3 mm (RODELLA & ALCARDE, 1994), ficando o efeito da segregação química mais relevante em mistura de grânulos com micronutrientes (CARVALHO, 2001).

Além da segregação, a desuniformidade na aplicação de fertilizantes pode ser dar devida à velocidade no deslocamento da máquina (POPP & ULRRICH, 1985; MANTOVANI et al., 1992), à falta de manutenção dos mecanismos de dosagem da semeadora-adubadora (BRODER & ACHORN, 1984) e ao tipo de distribuidor de fertilizante (SILVA et al., 1995).

CARVALHO (2001) observou a segregação dos componentes do fertilizante tanto em mistura granulada como também nos grânulos. No entanto, poucos são os trabalhos que avaliam a influência dos mecanismos distribuidores de fertilizantes sólidos sobre as características físicas dos grânulos, sendo mais comum, avaliar mecanismos pendulares sobre estes parâmetros (PARISH, 1986 e 2001).

## 2.4 Cartas de controle

O controle estatístico por meio de carta de controle permite o monitoramento de indicadores de qualidade do processo de adubação. Tal fato permite definir padrões a serem atingidos de maneira uniforme durante todas as etapas do processo (FERNANDES, 2005).

Essas cartas se tratam de um conjunto de ferramentas a serem utilizadas para determinar variações no processo baseando-se em amostragens, permitindo, avaliar a variabilidade do processo em estudo visando a redução de perdas, o aumento da produtividade, padronização do processo e estabelecer uma melhoria contínua da qualidade (SÃO PAULO, 2013).

As cartas de controle são as ferramentas utilizadas no controle estatístico de processo (CEP) tendo como objetivo detectar desvios dos parâmetros representativos do processo, reduzindo a quantidade de produtos fora de especificações e os custos de produção.

Tais processos são controlados efetuando medições das variáveis em pontos espaçados no tempo e registrando os resultados obtidos em cartas de controle, que implica em uma estabilidade estatística do processo, ou seja, que não exista presença de causas especiais de variação ou, ainda de outra forma, que as sucessivas amostragens representem um conjunto de valores independentes ou não correlacionados.

Tal suposição quase sempre não é atendida e muitas vezes leva à utilização das cartas de controle com limites inadequados e com a frequente ocorrência de alarmes (pontos fora ou próximos aos limites da carta) que não necessariamente venha a representar a presença de uma causa especial (Juran, 1992; Ogunnaike & Ray, 1994; Montgomery, 2004).

As cartas de controle são técnicas estatísticas que servem de apoio ao controle da qualidade de um processo, vindo a fornecer evidências de suas variações tanto de caráter aleatório como também de caráter determinável.

Elas permitem uma atuação no processo de forma preventiva, ajustando possíveis desvios de qualidade em tempo real no momento que ocorrem, impedindo que a situação de possibilidade de ocorrência da não conformidade persista possibilitando a reprovação do lote final. (Toledo, 1987).

É importante destacar que cartas de controle não permitem a identificação de quais são as causas de variação que estão atuando no processo fora de controle

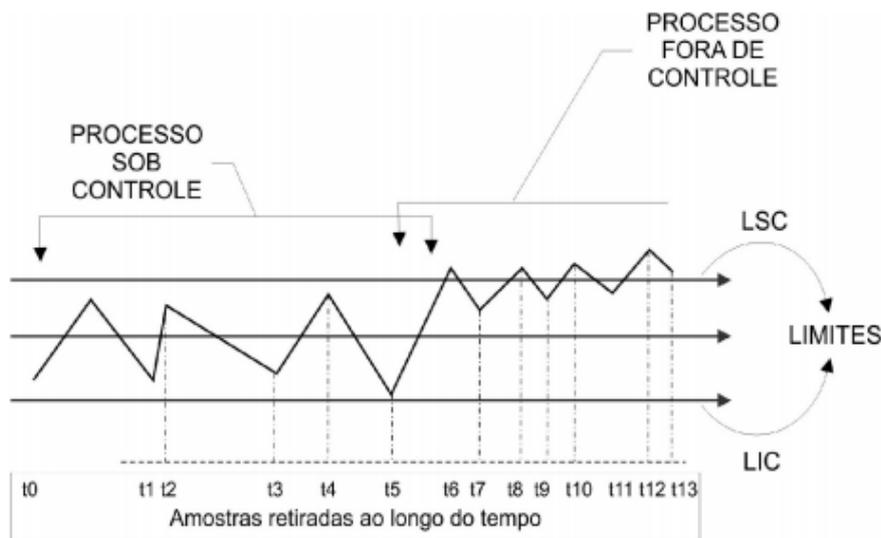
estatístico, mas ela processa e apresenta informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas (Werkema, 1995).

As cartas de controle são constituídas por uma linha central e um par de limites de controle que se localiza abaixo e acima da linha central, e valores característicos marcados na carta representando o estado de um processo.

Estando todos esses valores marcados dentro dos limites de controle, sem qualquer tendência particular e a disposição dos pontos dentro dos limites for aleatória, o processo é considerado sob controle. Entretanto, se os pontos incidirem fora dos limites de controle ou apresentarem uma disposição atípica, o processo é julgado fora de controle (Kume, 1993; Vieira, 1999). A Figura 4 representa em uma mesma carta, o processo em controle e fora de controle.

O modelo estabelecido por Shewart (1931), se utiliza da média aritmética dos valores resultantes das medições realizadas das amostras, como medida de posição do processo. Fixa três desvios - padrões acrescidos à média, definindo o Limite Superior de Controle (LSC) e três desvios - padrões decrescidos à média, definindo o Limite Inferior de Controle (LIC) do processo (Pinton, 1997; Thompson & Koronacki, 1993).

Os controles de variáveis se baseiam em medidas das características de qualidade (Carneiro Neto, 2003), ou seja, a característica da qualidade é demonstrada por um número em uma escala contínua de medidas (Werkema, 1995).



**Figura 4.** Representação gráfica de processos sob controle e fora de controle.  
**Fonte:** Carneiro Neto, (2003).

### **2.4.1 Cartas de controle de valores individuais**

As cartas de valores individuais devem ser utilizadas no monitoramento dos indicadores de qualidade que influenciam os itens ou processos produzidos ao longo do tempo (MINITAB, 2007). Dessa forma, um determinado indicador de qualidade pode ser monitorado e interpretado por sucessivas amostras, podendo estas serem coletadas em certos períodos, lotes de produção, tempo real, lotes de matéria-prima, etc., ou seja, são variáveis que possuem características mensuráveis dentro processo, podendo ser consideradas como contínuas (WERKENA, 1995).

Durante a análise de um processo, tais amostras apresentadas em tempo cronológico, quantificam a variação pontual da amostra em torno da média. Quando comparadas aos limites de controle, se as amostras apresentarem pontos que extrapolem esses limites, o processo é considerado fora de controle estatístico (MINITAB, 2007), e a verificação das causas especiais que o afetam se tornam necessária para aumentar a qualidade dos itens produzidos, e caso seja necessário, um plano de melhorias deve ser elaborado e implementado.

No entanto, caso todas as amostras estejam dentro dos limites de controle, o processo é considerado estável, com presença somente de causas aleatórias. Portanto, para o uso adequado de cartas de controle, é obrigatório considerar e determinar qual o valor múltiplo do desvio-padrão será utilizado para cada indicador de qualidade, em especial, para o cálculo dos limites de controle, desta forma, otimizando e aperfeiçoando a análise de qualidade do processo.

### **2.4.2 Cartas de controle de amplitude móvel**

A utilização da carta de amplitude móvel tem por finalidade detectar a variabilidade existente durante o processo decorrente da carta de valores individuais, valores estes que se constituem da diferença entre dois pontos consecutivos, e quando a diferença entre esses pontos ultrapassa os limites de controle se constata que o processo possui causas especiais influenciando a qualidade (MINITAB, 2007), desta forma retratando variação existente dentro da amostra em um dado instante de tempo.

No entanto, o uso conjunto das cartas de amplitude móvel com as de valores individuais, é essencial para o monitoramento e a compreensão de possíveis causas

especiais que afetam o processo para tentar minimizar a variação o que incorrerá em um aumento na qualidade (MINITAB, 2007).

Sendo assim, quando a carta para a variação do processo apresenta pontos fora dos limites de controle ou apresenta-se instável, os limites das cartas individuais podem ser calculados erroneamente, não apresentando confiabilidade para avaliação do processo. Neste caso, a falta de controle se deve mais à instabilidade do que às variações do processo em si. Diz-se então, que o processo está fora de controle devido à variação (MINITAB, 2007).

Por outro lado, quando a carta de controle para a variação estiver sob controle, com os pontos apresentados dentro dos limites inferior e superior, analisa-se a carta dos valores individuais, e se essa por sua vez demonstrar a presença de pontos que extrapolem os limites de controle há atuação de causas especiais decorrentes do processo.

### **3. ARTIGO A - DESENVOLVIMENTO DE DOSADOR DE FERTILIZANTES SÓLIDOS DE DUPLA ESTEIRA**

#### **3.1 RESUMO**

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um novo conceito de dosador de fertilizantes de dupla esteira para semeadora com mecanismos de dosador de fertilizantes sólidos comumente denominada semeadora-adubadora de tecnologia simples e eficiente capaz de uma aplicação uniforme e racional. Foi elaborado o projeto conceitual do corpo do equipamento, seguido do projeto detalhado de todas as partes do conjunto, para construção do protótipo. Em bancada de laboratório avaliou-se o desempenho do sistema dosador conceitual, assim como também o sistema de dosagem helicoidal em relação a distribuição em inclinações longitudinal de  $-10^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,  $0$ ,  $+5^\circ$  e  $+10^\circ$ . A campo utilizando a cultura do milho e o fertilizante de formulação 08-28-18, foi implantado em novembro de 2020 no município de Vicentinópolis-GO, um experimento em blocos casualizados com 02 tratamentos, sendo T1 (dosador helicoidal) e T2 (dosador dupla esteira), em parcelas constituídas de 05 linhas de milho, de 100 m comprimento por 2,5 m de largura totalizando 250 m<sup>2</sup>, e considerando com área útil as linhas centrais de cada tratamento, para que ao final do ciclo da cultura fossem analisados altura da inserção da espiga, diâmetro de colmo, distribuição longitudinal entre plantas e produtividade por plantas. Os tratamentos apresentaram distribuição entre plantas parecidas com média de 36,7 cm, no entanto, a distribuição uniforme do fertilizante pelo T2 (DDE) obteve uma produtividade média por plantas de 272,72g em relação ao T1 (DH) que foi de 255,4g por planta, totalizando 13.792,12 kg há<sup>-1</sup> para T1 e 14.702,98 kg h<sup>-1</sup> para T2, o que representa um ganho real de produtividade de 6,6%.

**Palavras-chave:** Carta de controle; Fertilidade do solo; Mecanismo dosador; Projeto de equipamento; Semeadora-adubadora.

### 3.2 ABSTRACT

The objective of this work was to develop a new concept of double conveyor fertilizer metering for seeder with solid fertilizer metering mechanisms commonly called seeder-fertilizer with simple and efficient technology capable of a uniform and rational application. The conceptual design of the equipment body was prepared, followed by the detailed design of all parts of the set, for the construction of the prototype. On a laboratory bench, the performance of the conceptual dosing system was evaluated, as well as the helical dosing system in relation to distribution in longitudinal inclinations of  $-10^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,  $0$ ,  $+5^\circ$  and  $+10^\circ$ . In the field, using corn crop and fertilizer formulation 08-28-18, it was implemented in November 2020 in the city of Vicentinópolis-GO, a randomized block experiment with 02 treatments, in T1 (helical feeder) and T2 (feeder double mat), in plots consisting of 05 lines of corn, 100 m long by 2.5 m wide, totaling 250 m<sup>2</sup>, and considering the central lines of each treatment as useful area, so that at the end of the crop cycle they could be analyzed height of ear insertion, stem diameter, longitudinal distribution between plants and yield per plant. The treatments showed similar distribution between plants with an average of 36.7 cm, however, the uniform distribution of fertilizer by T2 (DDE) had an average productivity per plant of 272.72g compared to T1 (DH) which was 255, 4g per plant, totaling 13,792.12 kg ha<sup>-1</sup> for T1 and 14,702.98 kg h<sup>-1</sup> for T2, which represents a real productivity gain of 6.6%.

**Keywords:** Control chart; Soil fertility; Dosing mechanism; Equipment design; Seeder-fertilizer.

### 3.3 INTRODUÇÃO

Para Perche Filho et al. (2012) durante o ciclo da cultura considera fundamental a fertilização e uma operação de extrema importância, afinal falhas na distribuição podem trazer apresentar perdas significativas.

Uma uniformidade na distribuição e uma deposição adequada são cada vez mais necessárias e tem grande importância na obtenção de uma máxima produtividade a um custo cada vez menor, visto que no Brasil os fertilizantes representam a maior parcela no custo de produção (GARCIA 2007).

Segundo Lopes (2000), é cada vez mais indispensável na agricultura moderna a prática do uso de fertilizantes minerais, e a agricultura 4.0 é a conexão dos dados coletados através de tecnologias integradas que otimizam a produção agrícola em todas as suas etapas tendo como objetivo tornar as atividades agrícolas mais produtiva e rentável (VASCONCELOS 2018).

Dentro desse conceito os dosadores de fertilizantes sólidos têm papel fundamental, pois são utilizados em diversas máquinas agrícolas, cuja a finalidade é distribuir fertilizantes de maneira precisa e uniforme de acordo com a necessidade de cada ponto amostrado no mapa de fertilidade das áreas agrícolas, buscando ser eficiente quanto aplicação em relação a dosagem, pois associados aos demais fatores da produção o dosador de fertilizantes maximiza a produtividade (REYNALDO, 2009).

De acordo com Altmann et al. (2010), os principais fatores que influenciam no funcionamento dos mecanismos dosadores de fertilizantes são: inclinação de trabalho, velocidade de acionamento e o tipo de fertilizante

Segundo levantamento feito por Francetto et al. (2012), existe cerca de 18 marcas de dosadores de fertilizantes sólidos englobando 558 modelos analisados, e os modelos de dosadores helicoidais, representando 94,44% do mercado, no entanto, devido a limitação de aplicação dos dosadores deste modelo, fertilizantes classificados como pó, farelo, fertilizantes orgânicos úmidos e fertilizantes de liberação lenta e liberação controlada, não se tornam uma opção de escolha por parte do agricultor, o que limita a possibilidade de uma aplicação de melhor qualidade.

Para atender a necessidade da agricultura de precisão, esse mecanismo de dosagem não deve sofrer interferência da vibração da máquina e do relevo em sua distribuição apresentando uma maior eficiência atingindo a dose recomendada e mantendo a menor variação possível na distribuição garantindo uma dosagem uniforme,

sendo assim, objetivo deste trabalho foi desenvolver um novo conceito de dosador de fertilizantes para as semeadoras/adubadoras de tecnologia simples que seja mais preciso que o dosador helicoidal atualmente utilizado aperfeiçoando a dosagem de fertilizantes e amenizando os custos de produção.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em três etapas:

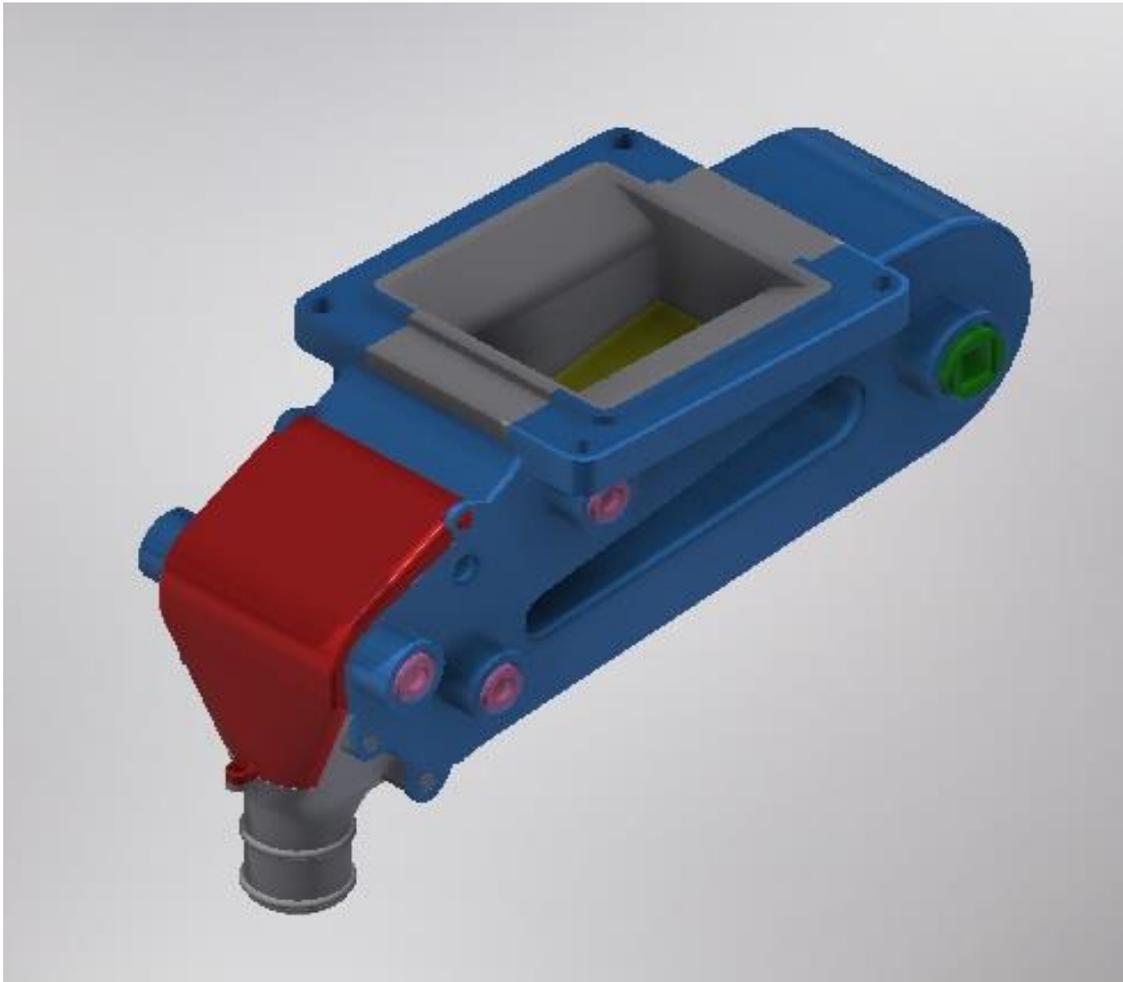
- A primeira etapa foi o desenvolvimento de um novo conceito do dosador de fertilizantes sólidos;
- A segunda etapa do ensaio foi no laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade Pitágoras Unopar, *Campus* Bandeirantes-PR;
- A terceira etapa do experimento a campo foi realizada na cidade de Vicentinópolis-GO.

#### 3.4.1 Etapa I

A definição do conceito a ser construído, foi feita de forma disruptiva, devido à existência na literatura da falta de precisão no sistema helicoidal, e de vários relatos de agricultores, que não estavam conseguindo ter uma melhor distribuição na aplicação do seu fertilizante, mesmo utilizando software da agricultura de precisão.

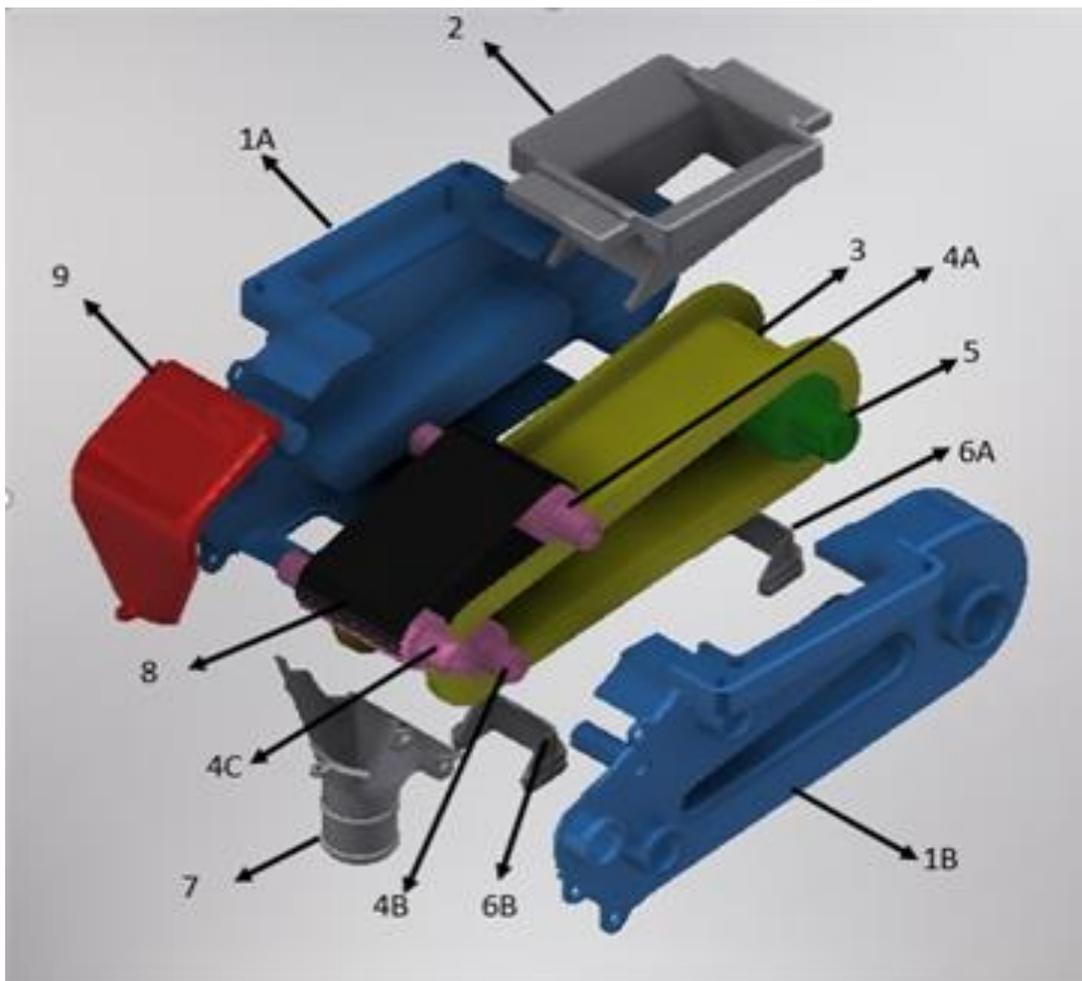
Foi feita uma busca na literatura e descobriu-se que o dosador de esteira trabalha bem com qualquer forma de produto desde de que seu modo sustentação (estrutura) seja estático. Desta forma o presente invento diz respeito a um dispositivo com funcionalidade de dosador de fertilizante pelo sistema de esteiras rolantes.

A construção do novo conceito de distribuição de fertilizantes para as linhas de semeadora/adubadora foi desenvolvida por meio do software de desenho Solidworks (2020). Para a fabricação das peças desenhadas foram criados moldes para a injeção de polipropileno mais 20% fibras de vidro para a construção das partes do dosador de fertilizante de dupla esteira (Figura 5). Tal invenção é aplicada em semeadora/adubadora de qualquer porte, onde é possível substituir os sistemas convencionais de distribuição de fertilizantes da semeadora/adubadora.



**Figura 5.** Dosado Dupla Esteira desenvolvido.  
**Fonte:** Delgado, 2020

No entanto para essa esteira se encaixar no processo de aplicação de fertilizantes foi preciso fazer várias adaptações, e a construção de um novo sistema de dosagem conforme Figura 6.



**Figura 6.** Desenho explodido Dosado Dupla Esteira.  
**Fonte:** Delgado, 2020

Peças 1A e 1B – carenagem de fixação das peças do sistema de dosagem, A função é dar sustentação as outras partes do dosador e faz a fixação na caixa adubadora da semeadora adubadora.

Peça 2 – Cuba de entrada de fertilizante. A função é fazer a transição do fertilizante da caixa adubadora até a esteira condutora (3).

Peça 3 – Esteira condutora de fertilizante possui dentes de borracha que tocam os roletes (4B e 5B) para dar precisão na tração da esteira, o que garante um maior controle na distribuição e possui bordas nas extremidades. A função é conduzir o fertilizante da cuba (2) até o funil de saída (7).

Peças 4A, 4B e 4C – Roletes dentados de sustentação das esteiras (3) e (8). Sua função é manter as esteiras esticadas para ter tração e vedação do sistema.

Peça 5 – Rolete dentado de sustentação e tração da esteira condutora (3). É responsável em fornecer o movimento para o conjunto e também fazer a variação da dosagem em função da rotação.

Peças 6A e 6B – Rapadores da canaleta da esteira condutora (3). Sua função é manter a canaleta da esteira de borracha livre, evitando o acúmulo de matérias isso facilita a aplicação de qualquer tipo de fertilizante.

Peça 7 – Funil de saída de fertilizante, responsável para conduzir o fertilizante para o duto de fertilizantes.

Peça 8 – Esteira tampa, tem como função, a capacidade de vedar a esteira condutora (3) o que garante a possibilidade maior precisão na dosagem pois isso possibilita que a vibração da semeadora adubadora ou a posição de inclinação sofra interferência na distribuição de fertilizantes.

Peça 9 – Tampa verificação e, tem como função, facilitar a verificação se o funil (7) não está obstruído.

#### **3.4.1.2 Funcionamento do dosador de dupla esteira**

A entrada de fertilizantes para o abastecimento do sistema de dosagem é realizada por gravidade. A variação da dosagem é realizada de acordo com a rotação da esteira condutora (3), que carrega o fertilizante em contato com sua superfície externa da esteira. Essa movimentação permite que seja retirada a dosagem constante de fertilizante a granel da parte inferior do reservatório, abrindo espaço para que o produto desça até entrar em contato com a superfície externa da esteira tampa (8). A movimentação dos sistemas de esteiras (3 e 8) é realizada pelo sistema de rotação da própria semeadora/adubadora.

A esteira tampa (8) é posicionada na parte inferior da cuba de entrada (2), de forma a deixar um espaço suficiente para a passagem do fertilizante entre a esteira tampa (8) e a parte inferior da cuba (2). Essa esteira se movimenta de forma dependente da movimentação da esteira condutora (3). A esteira condutora (3) possui superfície lisa e possui bordas altas de borracha que através de atrito movimenta o fertilizante a granel que entra em contato com a esteira. O material em movimento na esteira condutora (3) entra em contato com a esteira tampa (8) e sai do sistema de dosagem e distribuição através do funil de saída (07) para distribuição do material.

### 3.4.2 Etapa II

Esta fase de teste do produto foi realizada, no laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade Pitágoras Unopar, *Campus* Bandeirantes-PR, por meio de teste de bancada para a avaliação dos dosadores de fertilizantes sólidos. Os procedimentos adotados para esta fase, seguem a metodologia adaptada de REYNALDO (2013), onde foram empregados para a caracterização do fertilizante a ser utilizado e os ensaios dos mecanismos dosadores de fertilizantes, seguindo a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 1988) e NBR5776/80.

#### 3.4.2.1 Caracterização das propriedades físicas do fertilizante e avaliação do protótipo de dosador de dupla esteira para fertilizantes sólidos.

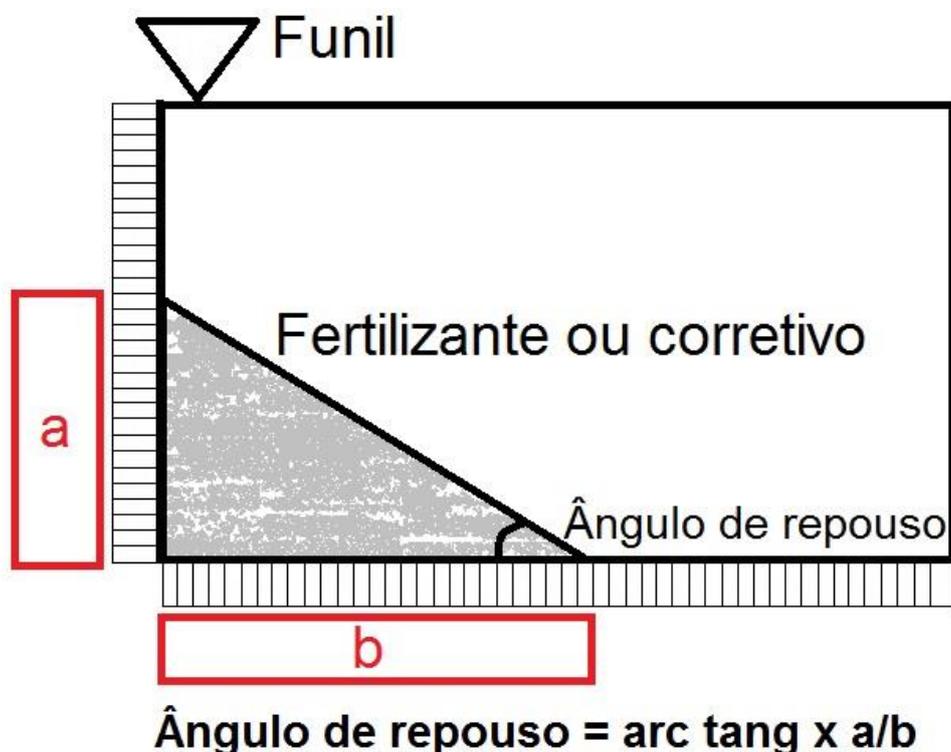
Para a fase dos ensaios dos mecanismos dosadores, foram adquiridas 0.2 toneladas (200 kg) de fertilizantes granulado mineral de formulação 08-28-18, cuja composição declarada é: 08% de Nitrogênio total, 28% de óxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) solúvel em água e ácido cítrico e 18% de óxido de potássio solúvel ( $K_2O$ ). A metodologia utilizada na caracterização dos fertilizantes, seguiu a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 1988) e NBR5776/80.

Com o intuito de determinar a granulometria e diâmetro médio dos grânulos, foi coletada uma amostra de 1 kg do fertilizante, retirada antes que o mesmo passe pelos mecanismos dosadores. Após essa coleta da amostra, a mesma foi encaminhada para laboratório de solos da Universidade Pitágoras Unopar, *Campus* Bandeirantes-PR para análise granulométrica.

As amostras foram fracionadas em partes, a fim de se obter 100 gramas de produto. Após o fracionamento, o fertilizante, foi colocado em um agitador automático, com movimentos de vai e vem, de forma a proporcionar o completo deslocamento do material. Foram utilizadas as peneiras com malhas de 4 mm (ABNT n° 5), 2 mm (ABNT n° 10) e 0,5 mm (ABNT n° 35), e fundo das peneiras, acopladas. O período de agitação das amostras foi de 10 minutos. Após o processo de agitação as quantidades retidas em cada peneira foram pesadas e os valores convertidos em porcentagens, para as devidas comparações entre as peneiras

Foram retiradas 31 amostras, trituradas, pesadas e colocadas em estufa por 24 horas a temperatura de 50° e pesadas novamente após esse período. Todo esse processo e análise do teor de água nos fertilizantes foi determinado segundo ALCARDE et al. (1998).

O ângulo de repouso do fertilizante, foi determinado pela medição da inclinação formada pela superfície de deposição natural do produto. Para se obter o ângulo de repouso do material foi utilizado uma estrutura de madeira, na forma de um quadro (tipo “aquário”), figura 7, composto por duas placas transparentes (vidros) dispostas paralelamente nas laterais da estrutura, acoplando-se um funil na extremidade superior esquerda, por onde se adicionou o material com velocidade constante formando um amontoado suficiente para definir o ângulo de repouso (HOFFMEISTER, 1979).



**Figura 7.** Modelo utilizado para determinação do ângulo de repouso do Fertilizante.  
**Fonte:** Vilar (2021)

O método de determinação do ângulo de repouso consiste na utilização de equações trigonométricas. Para facilitar as medições, foram fixadas escalas métricas no eixo x (base inferior) e y (lateral esquerda) da estrutura para a obtenção dos valores dos catetos oposto e adjacentes.

Para a avaliação do protótipo de dosador de esteira de fertilizantes, foi utilizada uma bancada de testes constituída de uma estrutura metálica de sustentação, de um sistema de acionamento eletromecânico para acionamento do dosador com controle de

velocidade. O simulador dispôs de dispositivo de angulações, tendo por objetivo, simular as condições práticas do processo de semeadura em campo com seus declives e aclives a favor e contra o sentido de aplicação, ou seja, com inclinações (ângulos) transversal e longitudinal REYNALDO. (2013).

A taxa 10g/m de dosagens de fertilizantes, utilizadas nos ensaios, foram definidas com base nos valores médios, das taxas de aplicação mais usuais, nas semeaduras das culturas do milho. As taxas de dosagem foram definidas em função dos espaçamentos entre linhas, velocidades de deslocamento e recomendações oficiais de aplicação de fertilizantes.

Para facilitar a interpretação dos resultados foi feita a avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em quatro ângulos de inclinação. Os ângulos de inclinação dos mecanismos dosadores de fertilizantes foram: -10, -5, 0, 5 e 10° graus no eixo longitudinal e -10, -5, 0, 5 e 10° no eixo transversal, com um tempo de coleta de 10 segundos por amostra totalizando 30 repetições por tratamento. O tempo de coleta foi cronometrado com a utilização de um cronômetro. Após a coleta direto na saída do dosador (em Beckers), o material foi pesado em uma balança de precisão com escala de 1g, e os valores transcritos em planilha eletrônica para posteriores cálculos e análises.

### **3.4.3 Etapa III**

O trabalho foi realizado na Fazenda das Pombas, localizada no município de Vicentinópolis-GO, (Figura 8). O local situa-se em latitude de 17°48'32.3"S e longitude 49°50'57.3"W e altitude de 618m. A classificação do clima é Aw de acordo com a Köppen. O solo da área é classificado com Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso com classe de declividade de potencial de mecanização extremamente apta (0 – 5%).

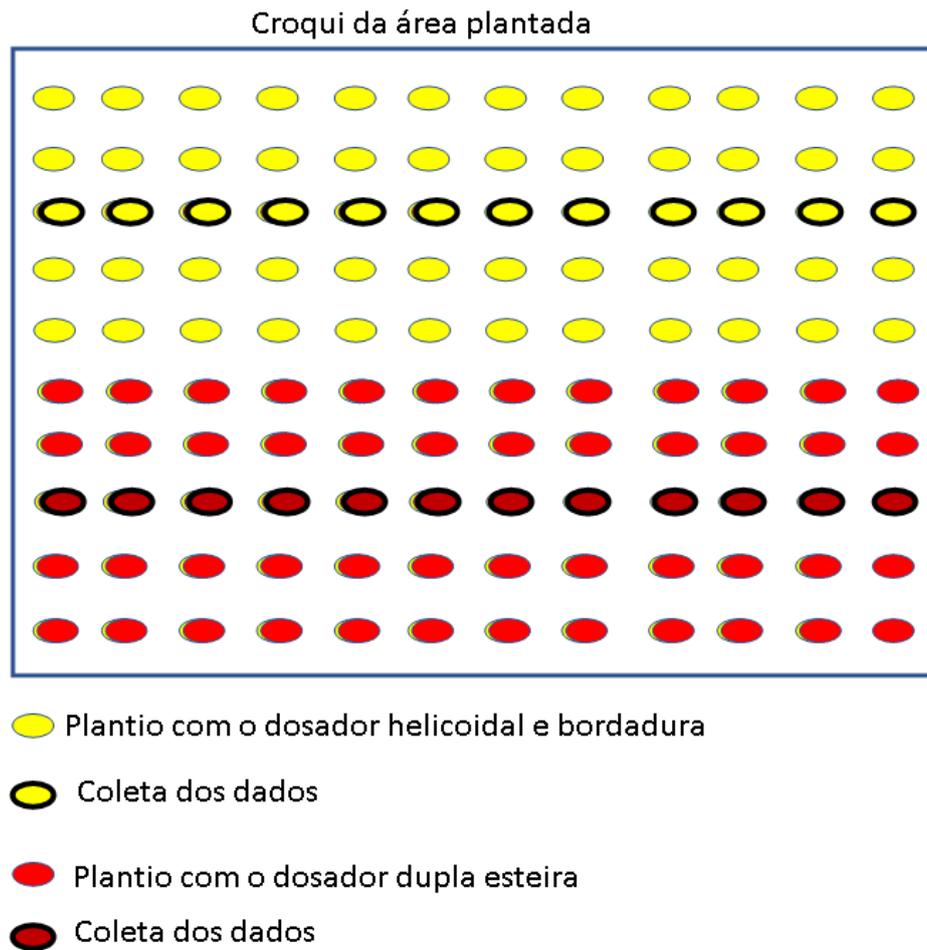


**Figura 8.** Área do experimento a campo (avaliação efetuado área em vermelho).  
**Fonte:** Google

Para esta etapa foram adquiridas 2 toneladas (2.000 kg) do mesmo fertilizante utilizado no teste de bancada para o ensaio a campo.

Foram acoplados 5 dosadores helicoidal e também 5 dosadores dupla esteira todos novos em uma semeadora adubadora da jumil 2080 a vácuo. No primeiro passo a máquina se deslocou por 100 metros, sendo os 10 primeiros metros bordadura, onde foram coletadas 31 plantas sequenciais das linhas centrais de cada parcela experimental.

O processo de semeadura foi feito com espaçamento da cultura de milho de 0.50m entre linhas, e com espaçamento 2,7 sementes por metro linear conforme, figura 9, do híbrido simples NORTOX MORTOS 468 de ciclo precoce, excelente sanidade de grão e tolerante às doenças ferrugens comuns e polissora, *Helminthosporium*, *Phaeosphaeria* e *Cercospora*.



**Figura 9.** Croqui do experimento a campo.  
**Fonte:** Delgado, 2020

Os dados de precipitação e temperatura durante o período de condução do experimento são provenientes das coletas na fazenda em que o experimento estava instalado, por meio de estação meteorológica do próprio produtor, (Figura 10).

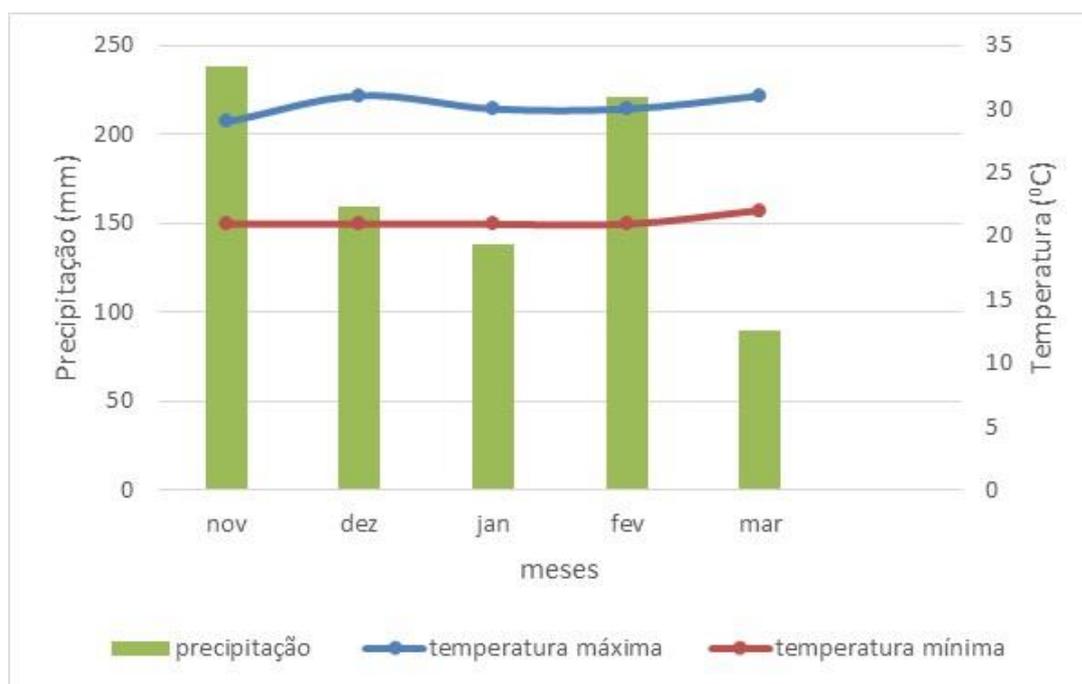


Figura 10. Dados climatológicos.

### 3.4.3.1 Insumos e equipamentos

A semeadura foi realizada em 28 de novembro de 2020 (dentro do período recomendado pelo zoneamento), com teor de umidade relativa do ar próximo a 14%. A densidade foi de 54.000 mil sementes  $ha^{-1}$ , sendo 2,7 sementes por metro linear e 0,50m entre linhas na profundidade 3cm realizada por disco duplo desencontrado durante a semeadura. A velocidade do conjunto, trator mais semeadora adubadora, foi de 4  $km\ h^{-1}$ . Houve a distribuição de 200  $kg\ ha^{-1}$  a do adubo 08-28-18 na linha a 10cm de profundidade, utilizando haste sulcadora (botinha).

A utilização dos insumos herbicidas e inseticidas foi realizada após avaliação previa da área e foi utilizado: glyphosate+atrazina e metomil+novalurom. Já a utilização de fungicidas foram realizadas em duas aplicações de azoxistrobina+tebocanazole.

A máquina utilizada foi semeadora adubadora da jumil 2080 a vácuo, alterando somente o mecanismo dosador. Os mecanismos das semeadoras utilizadas foram com disco de corte corrugado, disco duplo para distribuição de adubo e semente e rodas duplas anguladas (V) para compactação. Os demais equipamentos utilizados na condução da safra agrícola foram: um Trator Case IH modelo Magnum 315, com 228 kW (311cv), TDA (8 Pneus) e piloto automático AFS700 para tracionar a semeadora; Pulverizador Kuhn modelo MA3027H com 136 kW (185 cv); 4x4; 27 metros de barra e

tanque com capacidade de 3000 litros, utilizado para a aplicação dos defensivos agrícolas.

### 3.4.3.2 Avaliações agronômicas

Ao final do ciclo da cultura, no ponto de maturidade fisiológica, foram avaliadas 31 plantas de cada tratamento, sendo considerado as seguintes variáveis:

**Altura da inserção da espiga:** foi avaliado altura de inserção de espiga (principal) em 31 plantas consecutivas utilizando um trena. Para tal avaliação da espiga foi considerada a distância entre a superfície do solo e a inserção da espiga principal;

**Diâmetro do colmo:** com uso de um paquímetro digital graduado em milímetro sendo medidas 31 plantas consecutivas. O segundo entrenó acima do nível do solo foi o ponto de determinação da medida verificada;

**Distribuição longitudinal das plantas:** A distribuição longitudinal na fileira de semeadura foi determinada antes da colheita, medindo-se a distância entre as plantas de milho existentes numa faixa de 11,49m linear, na linha central de cada tratamento, sendo o espaçamento entre plântulas medido com a trena graduada;

**Massa de semente (produtividade):** para a determinação da massa de semente da espiga, ela foi feita a debulha da espiga e a pesagem dos grãos com uma balança precisão.

### 3.4.3.3 Análises estatísticas

Utilizou-se de estatística descritiva para analisar os dados do experimento, avaliou-se a qualidade da operação, por meio da análise da variabilidade para a caracterização das propriedades físicas do fertilizante, a avaliação do funcionamento do protótipo de dosador de dupla esteira para fertilizantes sólidos, assim como do dosador helicoidal e para o processo de produtividade da cultura do milho, sendo o controle estatístico realizado por meio das cartas de controle, sendo os 31 pontos amostrados como indicadores de qualidade. O modelo de carta de controle utilizado foi de valores individuais e amplitude móvel ( $\bar{x}$ -Rm) de modo que foi possível examinar nível e variação da média a partir dos limites inferior (LIC) e superior (LSC) de controle, que

gerou dois gráficos: o primeiro correspondendo aos valores individuais amostrados em cada ponto, e o segundo, obtido pela amplitude calculada entre duas observações sucessivas. Quando se observar um ponto extremo ou mais a esses dois limites, se classifica os processos como instáveis, ou sem controle. (MINITAB 2007). O programa utilizado foi o minitab statistical (2019).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

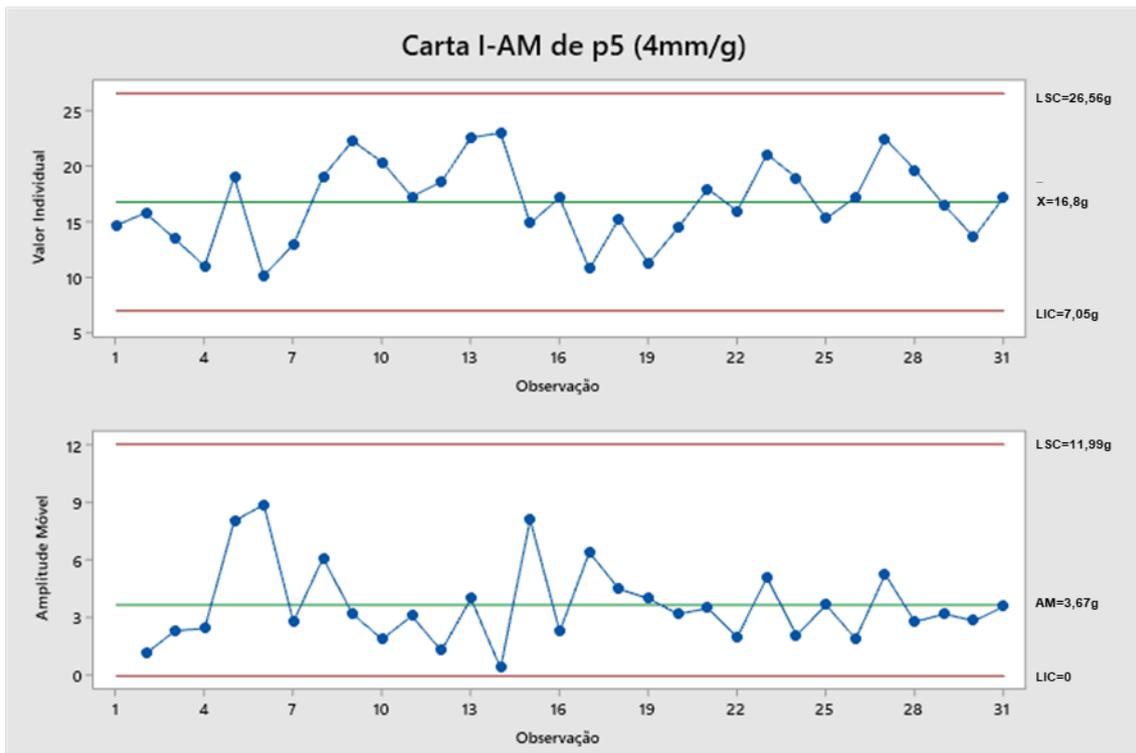
Para facilitar a compreensão dos resultados da avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes, os resultados, foram apresentados em 3 etapas, sendo: a 1ª referente a caracterização física dos fertilizantes que foram utilizados; a 2ª referente à avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em função das diferentes inclinações longitudinais e transversais e na 3ª e última etapa, os resultados obtidos a campo.

##### **4.1 Caracterização de fertilizantes**

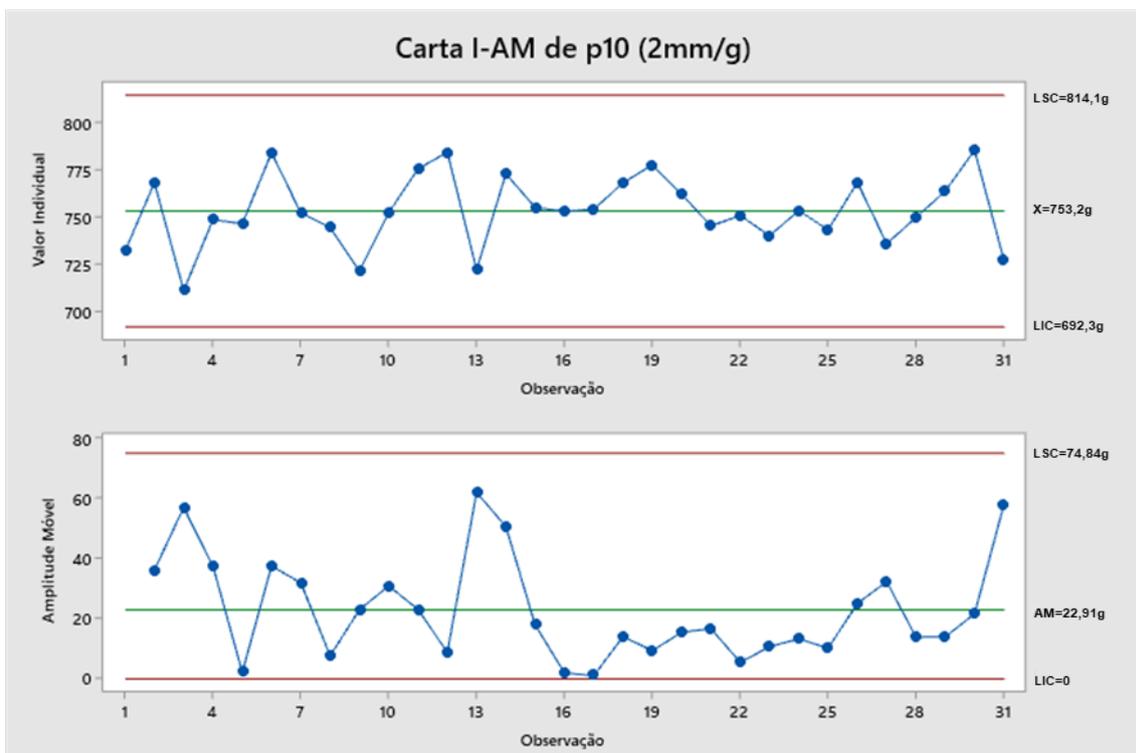
As Figuras 11, 12 e 13 que representam as peneiras p5, p10 e p35, onde foram avaliadas as granulometrias do fertilizante mineral 8-28-18, por meio de carta de controle.

Nas figuras 11 e 12 o processo está sob controle pois todos os pontos estão entre os limites superiores e inferiores da carta, sendo que as médias de produtos retidos são 16,80g o que corresponde a 1,68% na peneira p5 e 753,2g de fertilizante passante para a peneira p10 o que corresponde a 76,60% ficando retido 230g correspondendo a 23,39% de produto.

Em ambos os processos o fertilizante está dentro da conformidade com a instrução normativa do MAPA, (1988) e ABNT NBR5776/80, em que a quantidade de produto retido na peneira P5 (4 mm) tem que ser no máximo de 10% e para a peneira P10 (2 mm) é de no máximo 30%, observando que o processo se apresentou estável durante o período monitorado.



**Figura 11.** Quantidade de fertilizante retido peneira p5 (4mm g<sup>-1</sup>).

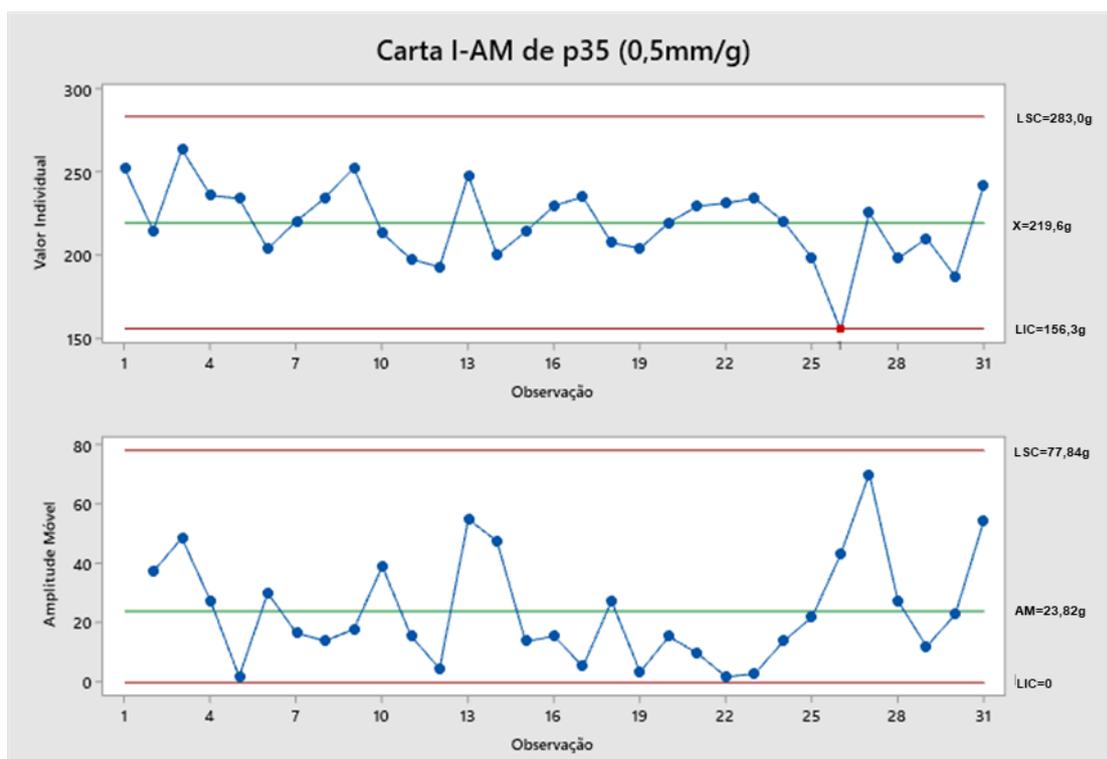


**Figura 12.** Quantidade de fertilizante passante peneira p10 (2mm g<sup>-1</sup>).

Já nas Figuras 13 e 14 observa-se que o processo está fora de controle. As que as medias de produtos retidos são 219,6g o que corresponde a 95,48% na peneira p35 e

10,39g correspondendo a 4,50% para o resíduo, demonstrando que o fertilizante está dentro da conformidade com a instrução normativa do MAPA, (1988) e ABNT NBR5776/80, em que a quantidade de produto retido para peneira P35 (0,5 mm) é de no mínimo de 90% sobrando para resíduo o máximo de 10%.

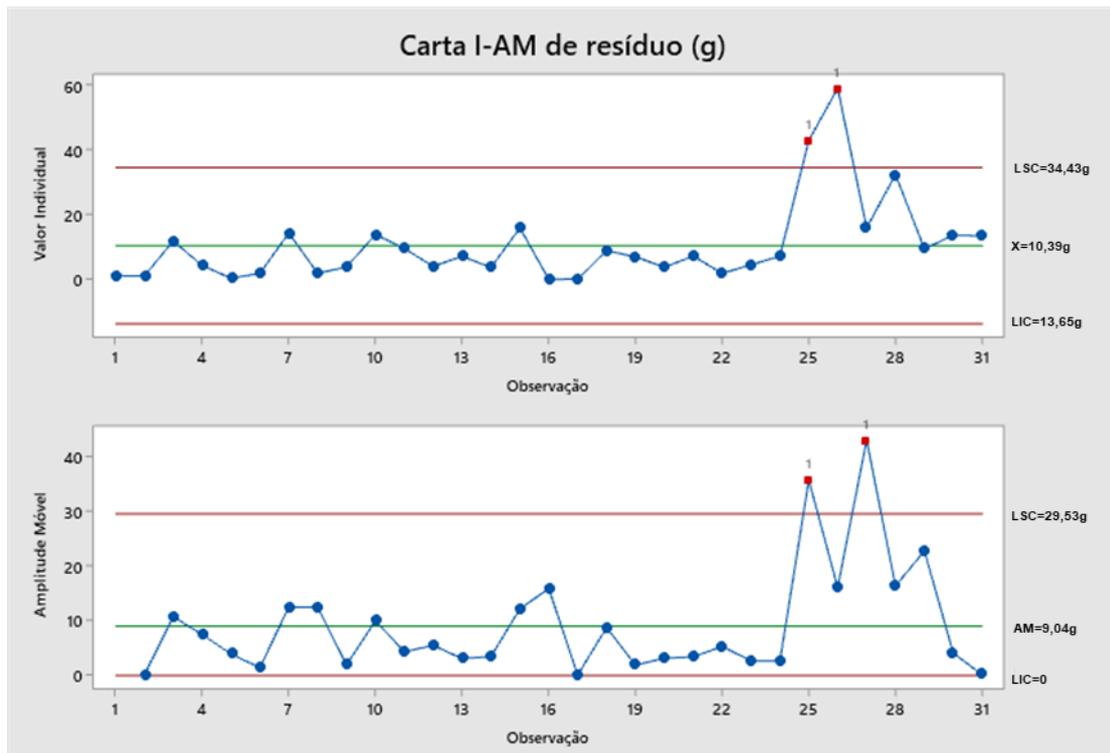
Na Figura 13 o ponto 26 da carta de controle de valor individual está fora do limite inferior, e reteu 155,60g do fertilizante o que representa 72,53% do fertilizante retido, ficando fora da do especificado pelo MAPA.



**Figura 13.** Quantidade de fertilizante retido na peneira p35 (0,5 mm g<sup>-1</sup>).

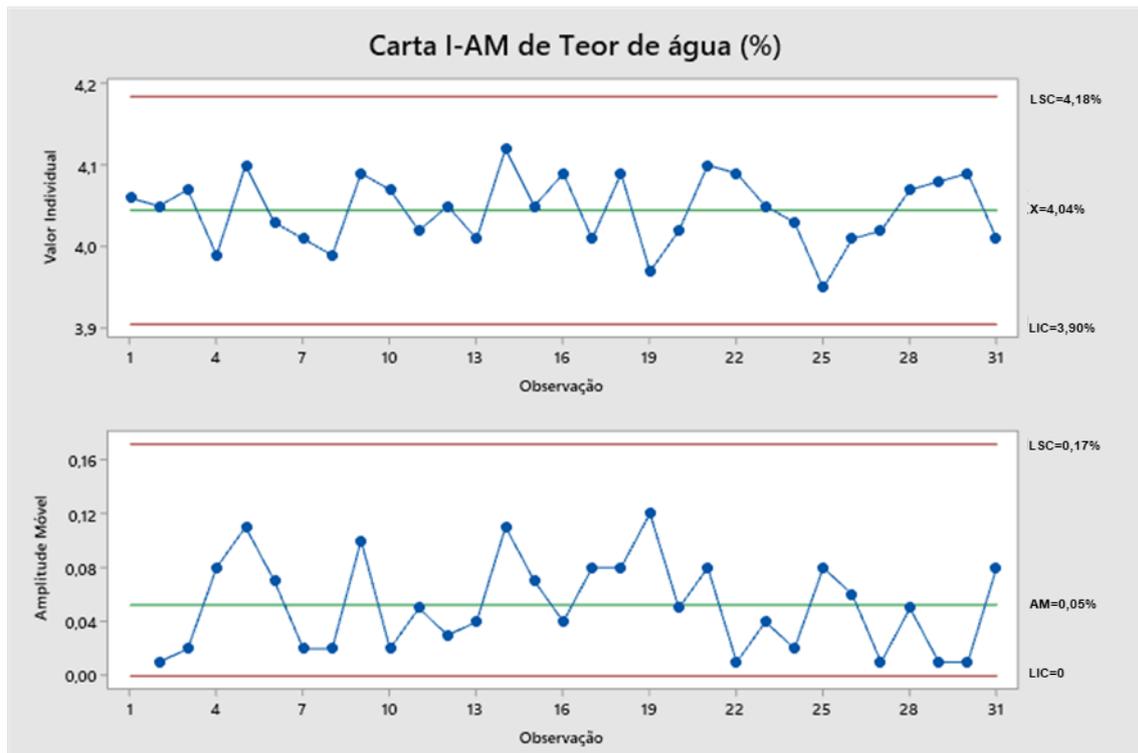
Na Figura 14, que representam o resíduo se observa também que no processo se apresentou variações nos pontos 25 e 26, sendo 42,87g e 58,92g respectivamente, correspondendo a 17,75% e 27,46% o que demonstra que essa quantidade é superior a o estabelecido pelo normativa do MAPA.

Tal motivo pode ser devido a segregação dos grânulos de fertilizante e danos causados por armazenamento e transporte, causando um excesso de resíduo (pó). Situações como essa tem grande influência na distribuição dos fertilizantes, pois o dosador helicoidal por sua vez não distribui de forma eficiente esse resíduo.



**Figura 14.** Quantidade de fertilizante passante na peneira p35 ( $0,5 \text{ mm g}^{-1}$ ).

Na Figura 15, são apresentados os teores de água dos fertilizantes utilizados na etapa II. Os teores de água determinados para os fertilizantes variaram de 4,09% e 4,01% o que está entre os limites superior 4,18% e inferior 3,90% demonstrando que o processo está sob controle e também se encontra em conformidade com a instrução normativa do MAPA (1988) e ABNT NBR5776/80. A umidade do produto pode afetar seu ângulo de repouso, sendo que quanto maior a umidade maior o ângulo e menor a fluidez, o que influencia diretamente a escoabilidade do reservatório da semeadora/adubadora para o mecanismo do dosador de fertilizante.



**Figura 15.** Dados teor de água (%).

Na Figura 16, têm-se os valores do ângulo de repouso do fertilizante utilizado na etapa II do ensaio dos mecanismos dosadores de fertilizantes. Os valores determinados nas cartas de controle apresentaram baixa variação, ficando entre  $31,89^\circ$  a  $33,10^\circ$  e média de  $32,61^\circ$ . Quanto menor o ângulo maior a fluidez do fertilizante. É importante salientar que para um fertilizante ter uma boa escoabilidade seu ângulo de repouso tem que ser menor que  $40^\circ$  (Gaylord & Gaylord, 1984). Essa característica é de fundamental importância para ter a escoabilidade do fertilizante que está no reservatório da semeadora para a cuba do dosador de fertilizantes.

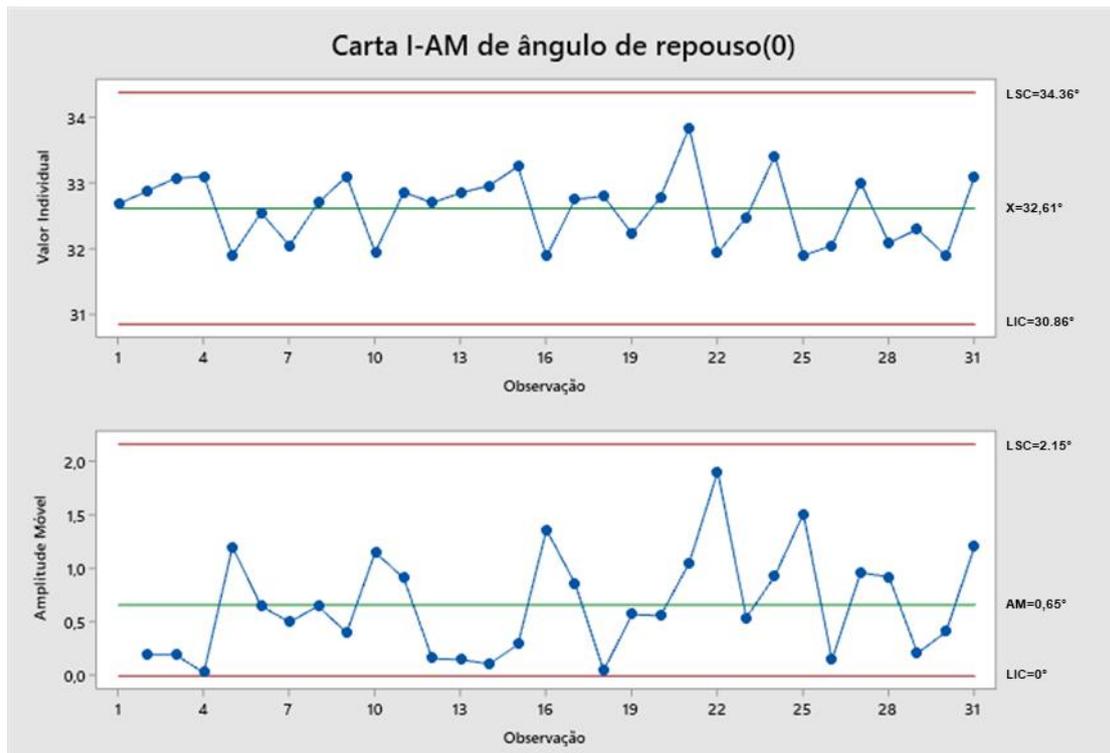
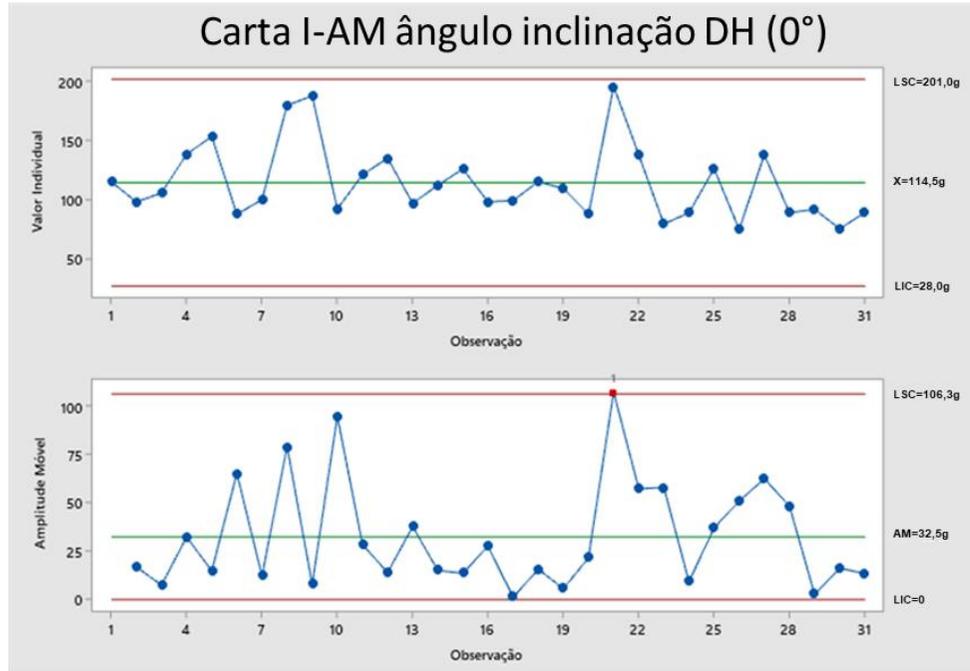


Figura 16. Ângulo de repouso do fertilizante.

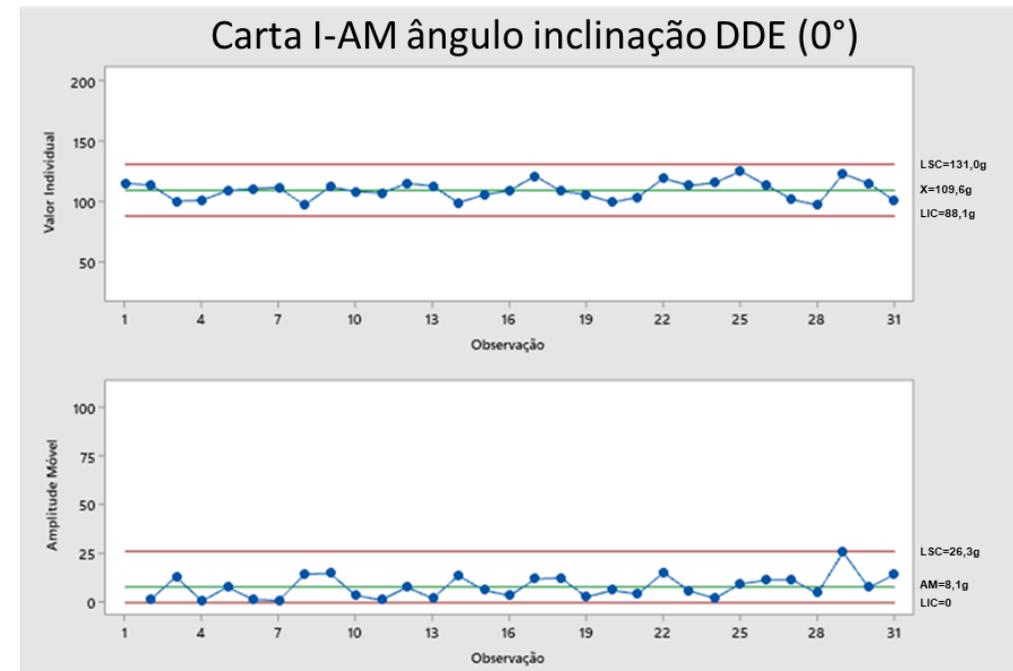
#### 4.2 Distribuição em função do ângulo de inclinação

A dose de referência para a coleta no teste de bancada foi de 111,11g de fertilizantes independente da inclinação dos dosadores.

As Figuras 17 e 18 demonstram o teste de bancada com os dosadores em reuelo plano, ambos os processos estavam sob controle, no entanto a distribuição do dosador helicoidal teve uma maior amplitude entre seus limites superior de 201,00g e inferior de 28,00g, o que representa uma maior variação na dosagem do fertilizante. O dosador de dupla esteira também apresentou uma variação da dosagem. No entanto pode-se observar uma maior homogeneidade tendo os limites superior de 131,00g e inferior de 88,10g.



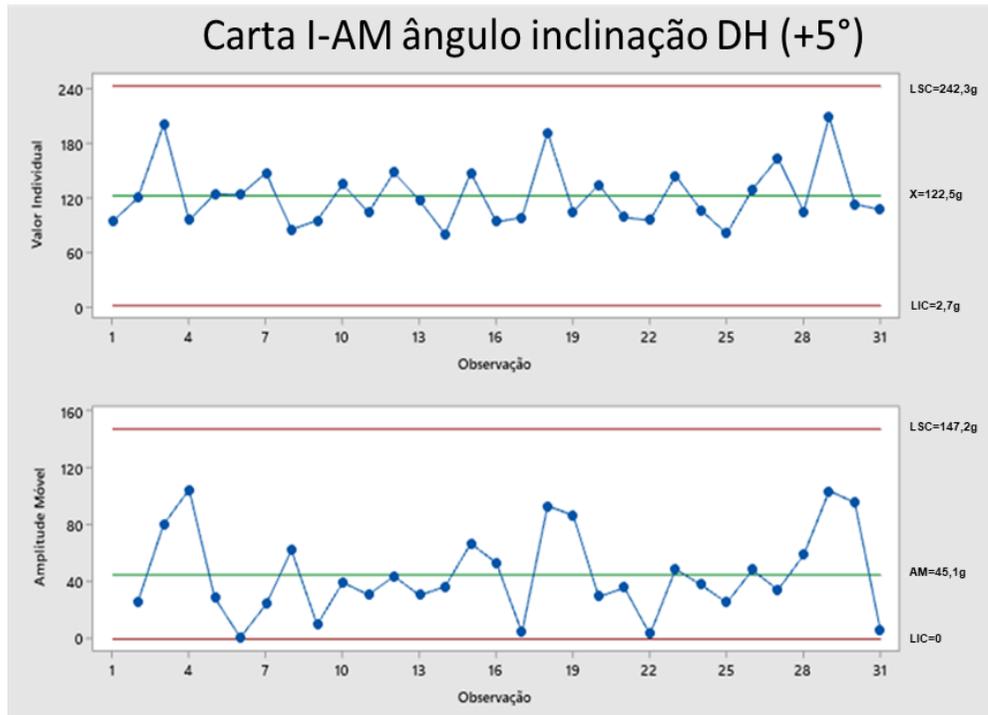
**Figura 17.** Teste de bancada do Dosador Helicoidal nivelado.



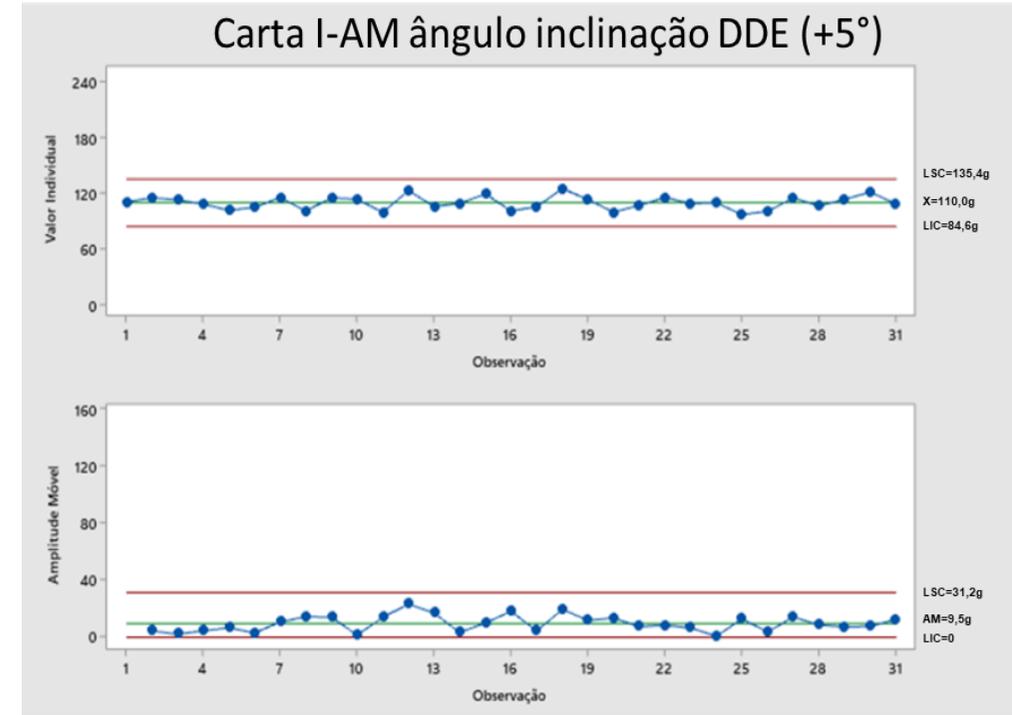
**Figura 18.** Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira nivelado.

Observou-se que o ponto 21 da Figura 17 que representa a distribuição do dosador helicoidal foi a coleta com a maior quantidade de fertilizante sendo de 195g o que corresponde a uma dose de 75,50% a mais que a recomendação, esse mesmo ponto na carta de amplitude móvel sai fora do limite superior o que demonstrar uma interferência no processo de distribuição e um dos prováveis foi granulometria.

As Figuras 19 e 20, demonstram o teste de bancada com os dosadores em revelo de aclave com 5° de inclinação, os processos continuaram sob controle, no entanto a distribuição do dosador helicoidal, novamente apresentou uma maior amplitude na sua distribuição. Cabe salientar que a dose recomendada foi de 111,11g de fertilizante e a média atingida pelo dosador helicoidal foi de 122,50g, o que representa uma aplicação superior em 10,25%.

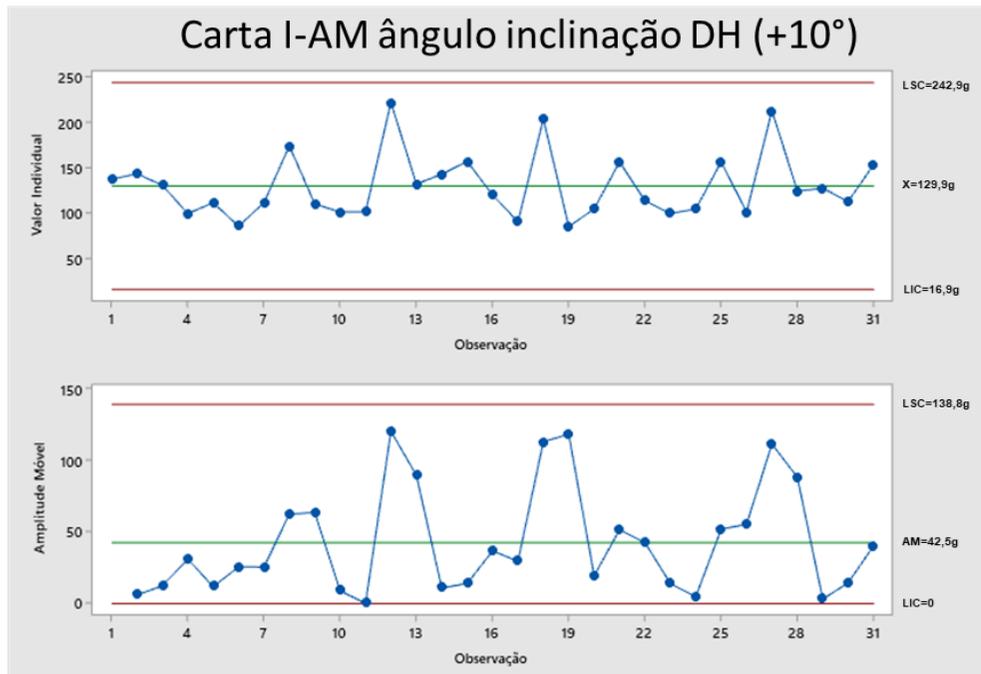


**Figura 19.** Teste de bancada do Dosador Helicoidal em active (+5°).

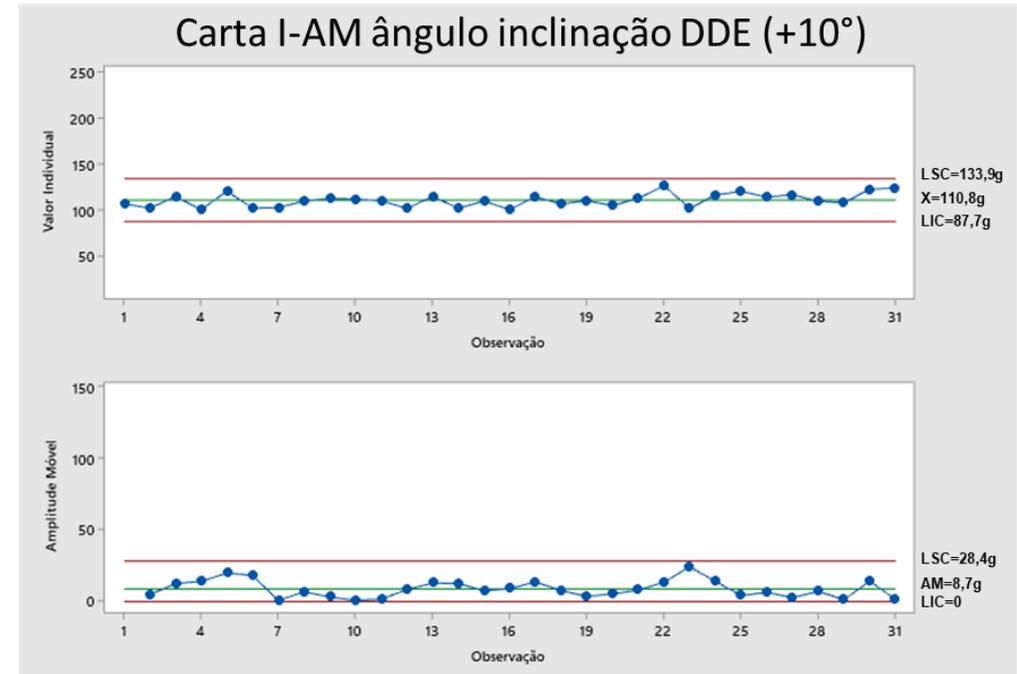


**Figura 20.** Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em active (+5°).

As Figuras 21 e 22, demonstram o teste de bancada com os dosadores em relevo de aclave com 10° de inclinação, o processo continua sob controle, no entanto a distribuição do dosador helicoidal, novamente apresentou uma maior amplitude na sua distribuição aumentando seus limites, e a média 129,9g o que representa um aumento de 13,44% em relação ao teste realizado em relevo plano.



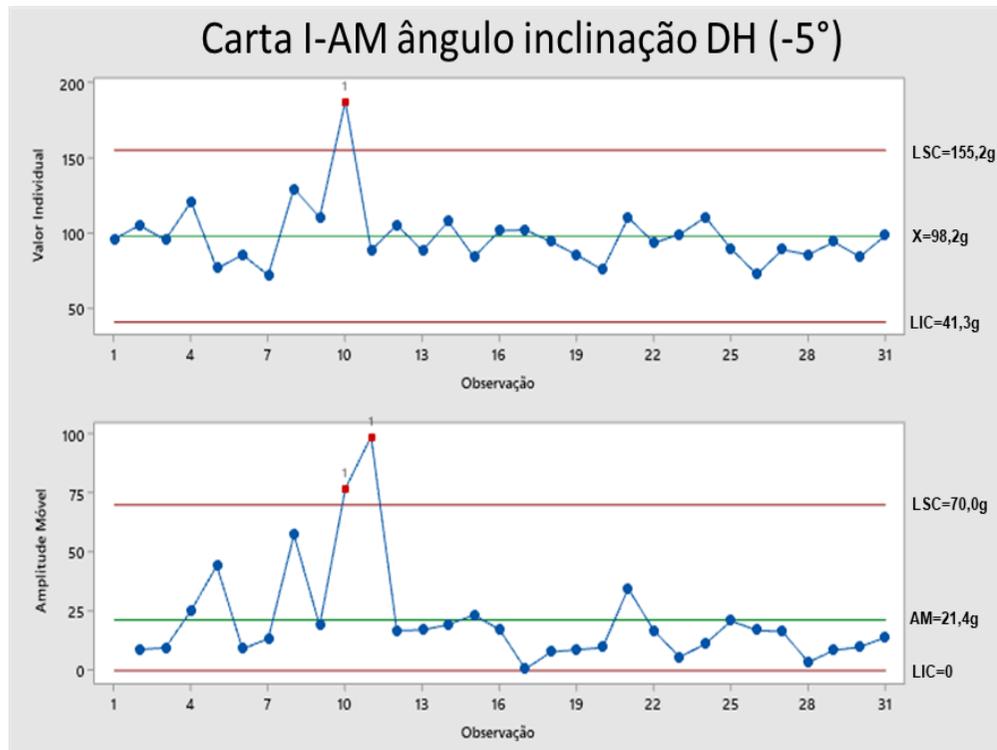
**Figura 21.** Teste de bancada do Dosador Helicoidal em active (+10°).



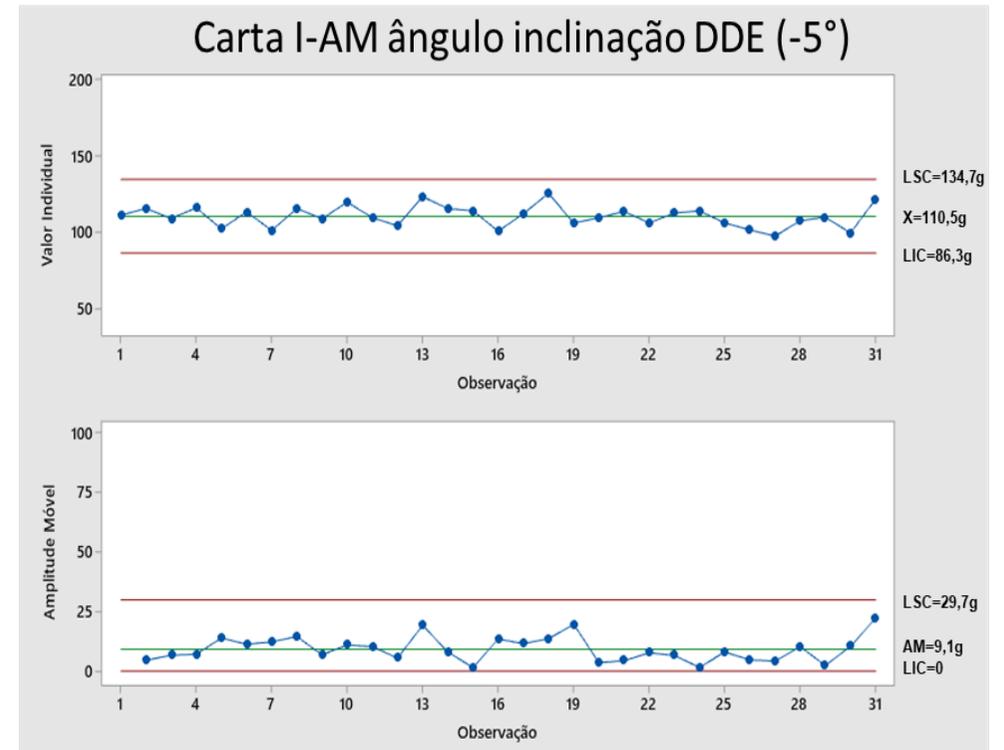
**Figura 22.** Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em active (+10°).

As Figuras 23 e 24 demonstram o teste de bancada com os dosadores em revelo de declive com 5° de inclinação, na Figura 23 o processo de distribuição de fertilizante está fora de controle. No ponto 10 observa-se que o mesmo está fora do limite superior, apresentando a massa 187,42g , o que representa uma aplicação 68,67% a mais que a recomendada, embora essa aplicação seja superior à média ela não representa a totalidade da carta de controle, sendo assim, o sistema helicoidal continua apresentando uma maior diferença de amplitude na sua distribuição, embora a quantidade de fertilizantes recomendado seja de 111,11g o sistema helicoidal vem aplicando uma dose 11,61% menor que o recomendado. Cabe salientar que a alteração de inclinação inversa do revelo interfere de forma oposta na média, aplicando menos fertilizante em declive.

Já na Figura 24, o processo continua sob controle e demonstra que a influência da alteração de sentido do relevo não interfere na distribuição do dosador de dupla esteira.



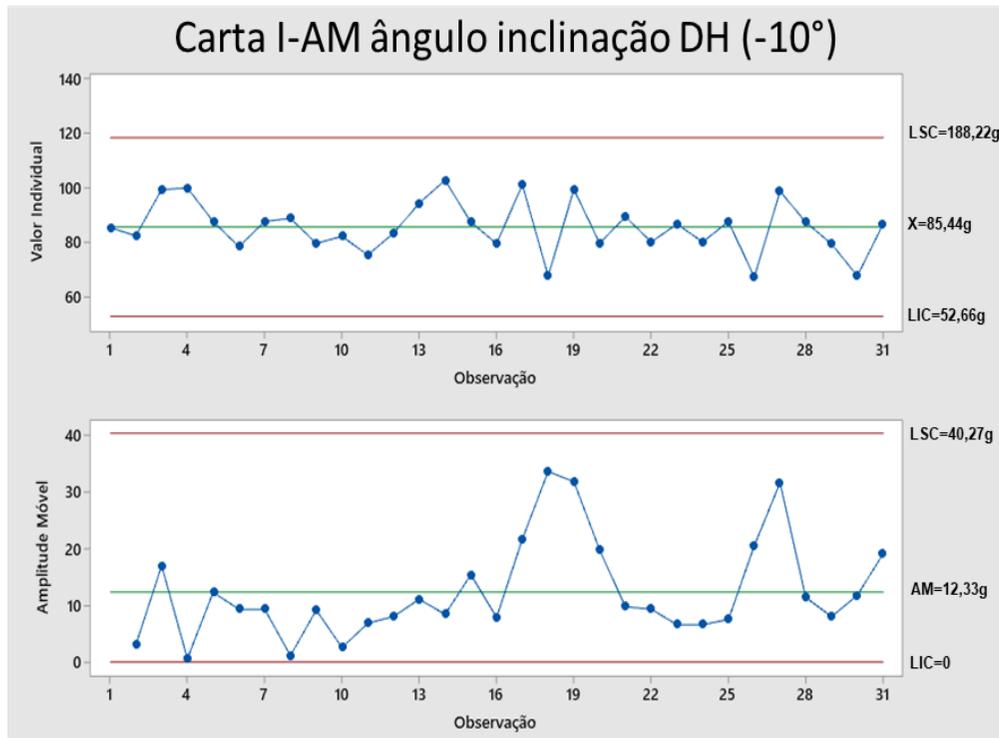
**Figura 23.** Teste de bancada do Dosador Helicoidal em declive (-5°).



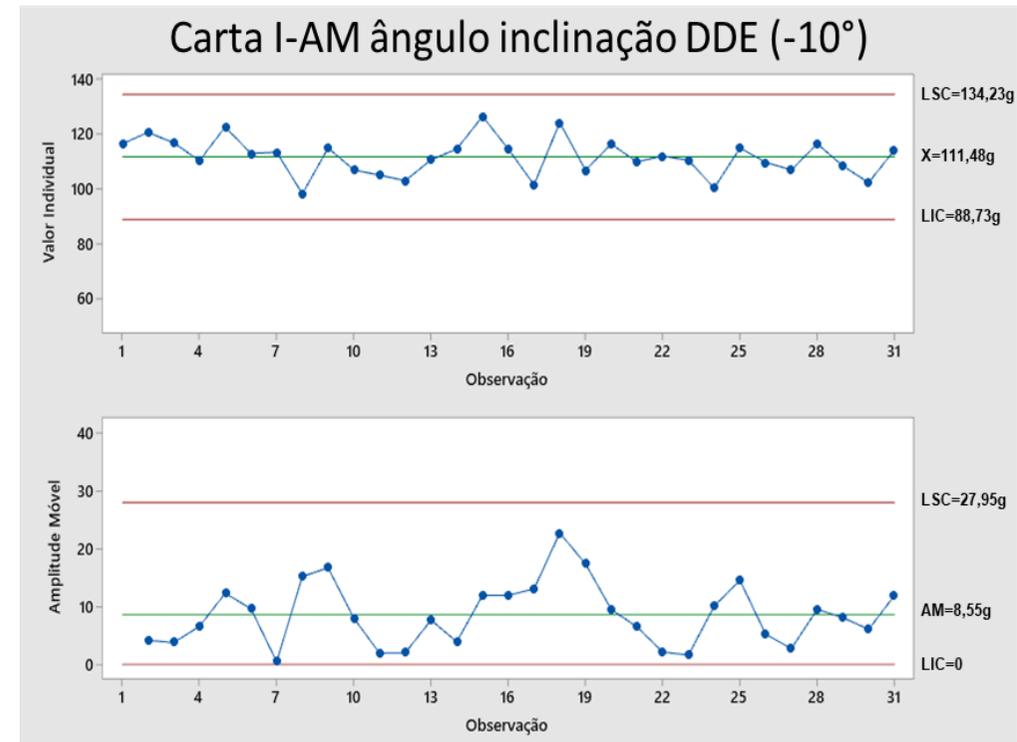
**Figura 24.** Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em declive de (-5°).

As Figuras 25 e 26 demonstram o teste de bancada com os dosadores em rebo de declive com 10° de inclinação, o processo continua sob controle, no entanto a distribuição do dosador helicoidal, novamente apresentou uma maior amplitude na sua distribuição aumentando seus limites, e a média 85,44g o que representa uma redução de 23,10% em média recomendada. Já o dosador de dupla esteira teve a média de 111,48g aplicando 2,99% a mais do que o recomendado.

Cabe salientar que o dosador helicoidal sofreu grande influência em todas as inclinações testadas. Em relação a essa afirmação o dosador de dupla esteira desenvolvido se mostrou mais preciso, apresentando uma distribuição mais eficiente e eficaz.



**Figura 25.** Teste de bancada do Dosador Helicoidal em declive de (-10°).



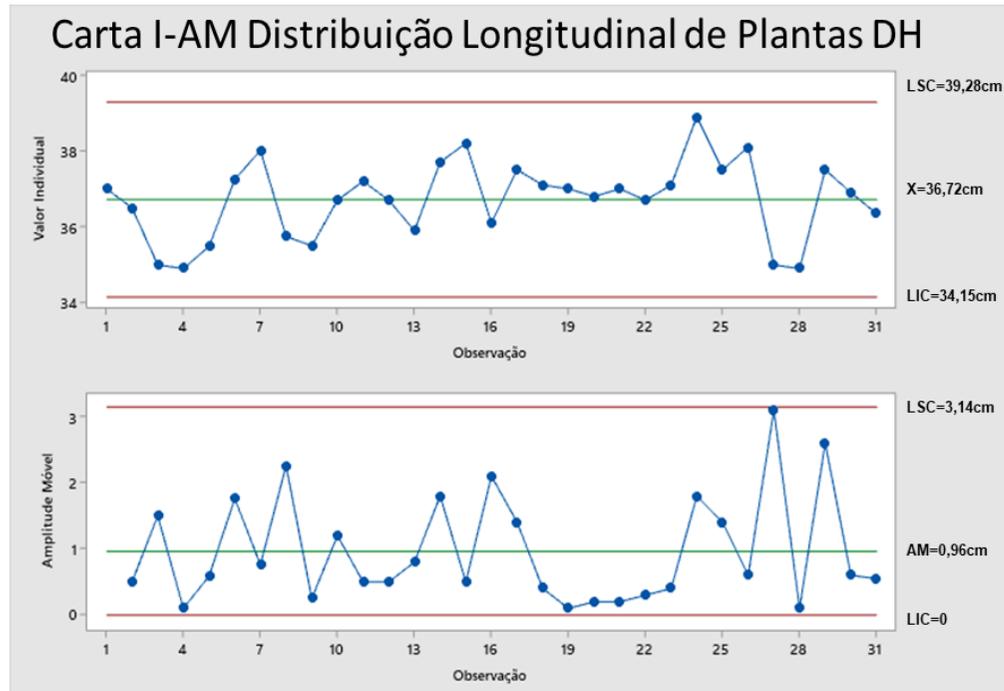
**Figura 26.** Teste de bancada do Dosador Dupla Esteira em declive (-10°).

### 4.3 Desenvolvimento da cultura e produtividade

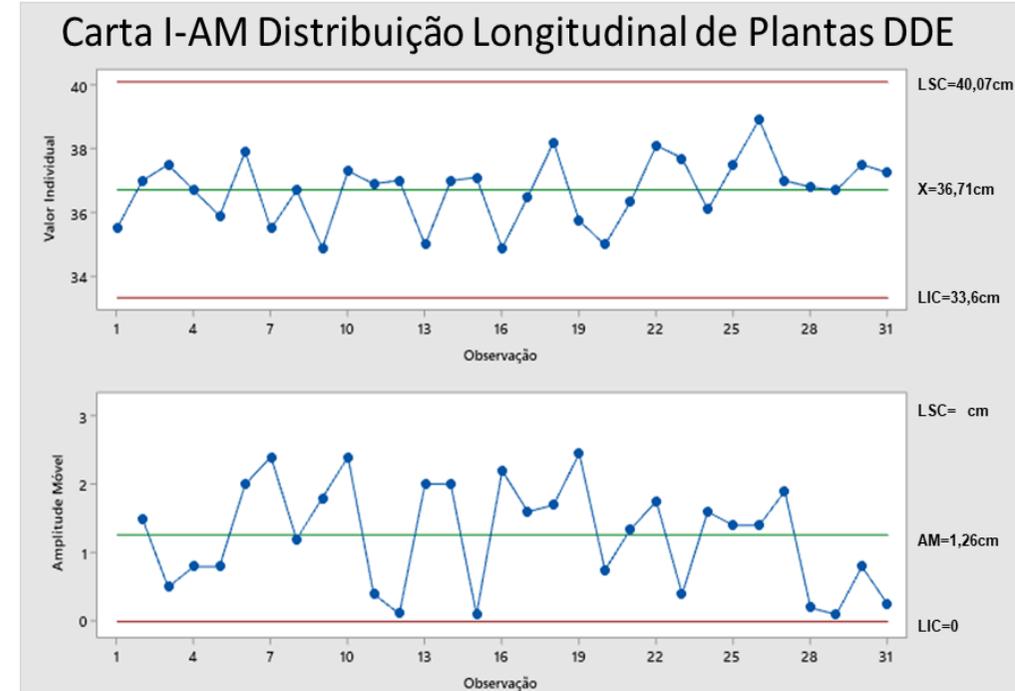
A população de plantas foi similar entre os tratamentos, com média de 54.000 plantas por hectare.

As características agronômicas foram avaliadas em 31 plantas tomadas em sequência por tratamento. A população de plantas, diâmetro do colmo, altura média de inserção da primeira espiga, distribuição longitudinal entre plantas e produtividade de grãos foram os parâmetros avaliados.

O milho é uma cultura de competição intraespecífica, neste caso em plantas da mesma espécie a competição se torna ainda maior e a distribuição longitudinal de plantas (DLP), equidistante se torna fundamental para a obtenção de excelentes resultados de produção (MADDONNI; OTEGUI, 2004). Nas figuras 27 e 28 verificou-se que os resultados apresentaram diferença no desenvolvimento das plantas para ambos os tratamentos o dosador helicoidal (DH) e dosador dupla esteira (DDE), visto que, no momento do plantio os dosadores de fertilizantes estavam acoplados na mesma semeadora adubadora, mesmo trator e mesma velocidade.



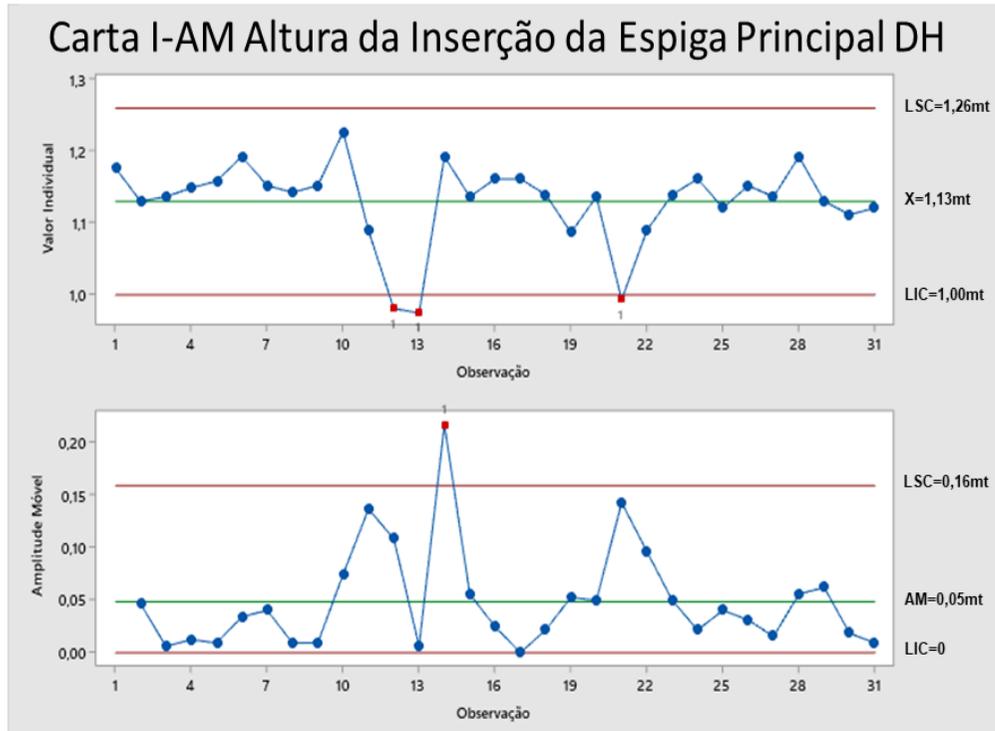
**Figura 27.** Distância longitudinal entre plantas Dosador Helicoidal.



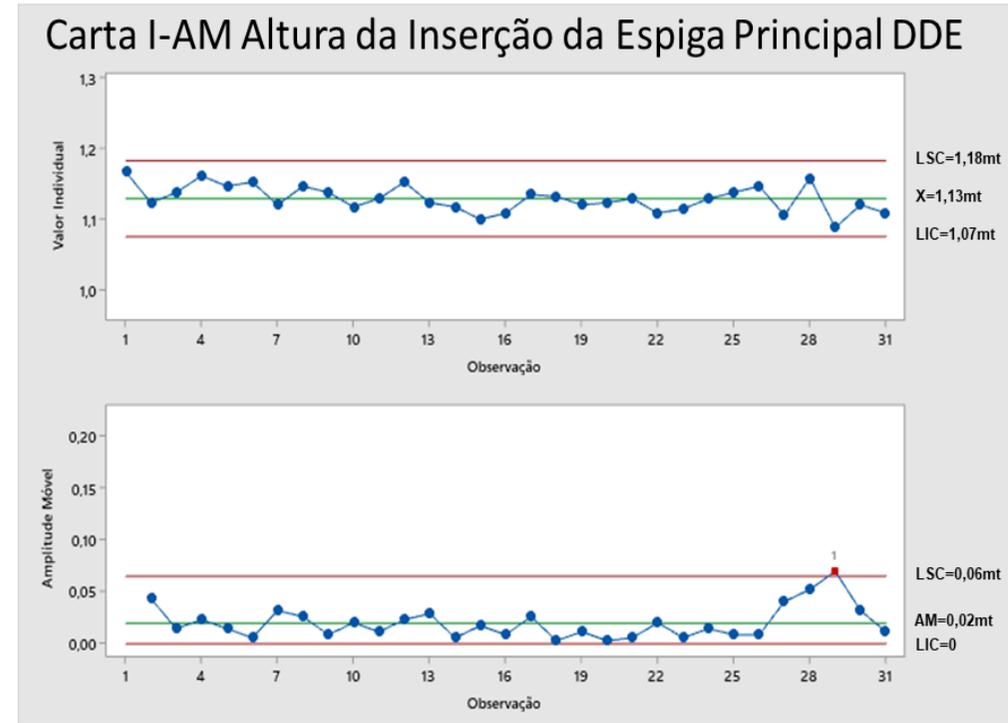
**Figura 28.** Distância longitudinal entre plantas Dosador Dupla Esteira.

As figuras 29 e 30 representam a altura média de inserção da primeira espiga (IPE). Na figura 29, observa-se que o processo se encontra fora de controle no dosador helicoidal (DH) nos pontos 12, 13 e 21, onde esse resultado pode ter sido ocasionado devido a uma distribuição irregular do fertilizante. O mesmo comportamento pode ser observado na figura 31, referente ao diâmetro do colmo (DC) e de produtividade do dosador helicoidal (DH) e, na figura 32 referente aos resultados do dosador dupla esteira (DDE) o processo mais uma vez se encontra dentro do controle. Visto que o manejo da cultura era em palhada dessecada e observou-se para alturas de inserções de espiga média de 1,13 cm em ambos os tratamentos sendo uma variação entre 0,97 a 1,19 cm para o dosador helicoidal e 1,09 a 1,17 cm para o dosador dupla esteira.

Segundo Caires e Milla (2016), doses maiores de fertilizantes, principalmente N aplicadas em plantas de milho em cobertura podem influenciar no aumento linear da altura da inserção da espiga, embora a maior estatura da planta com uma espiga mais alta possa vir a influenciar em uma maior porcentagem de acamamento



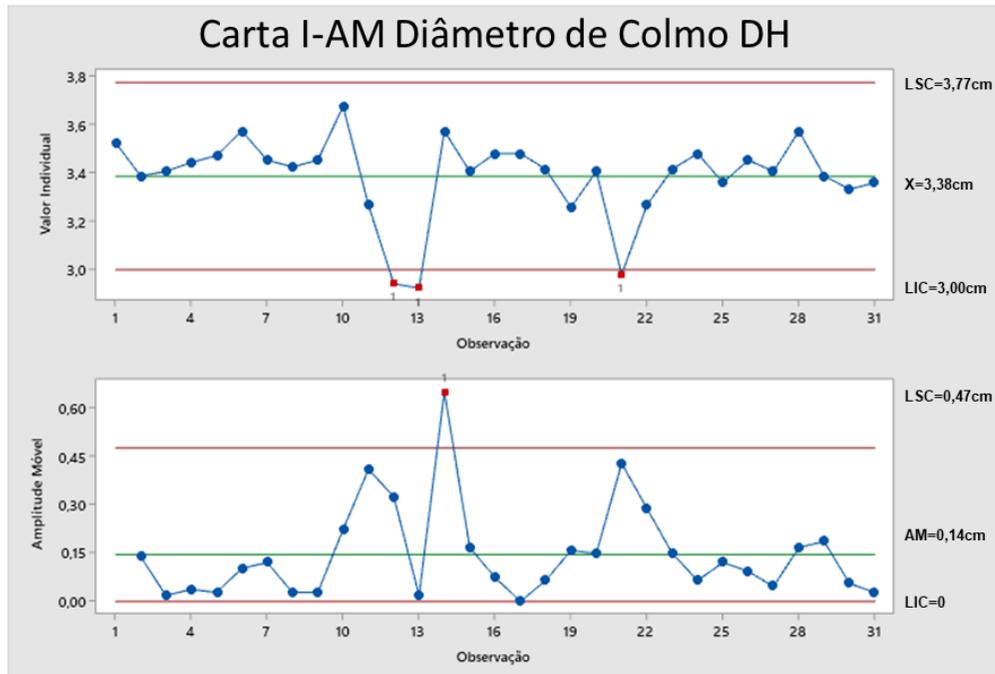
**Figura 29.** Altura da inserção da espiga principal Dosador Helicoidal.



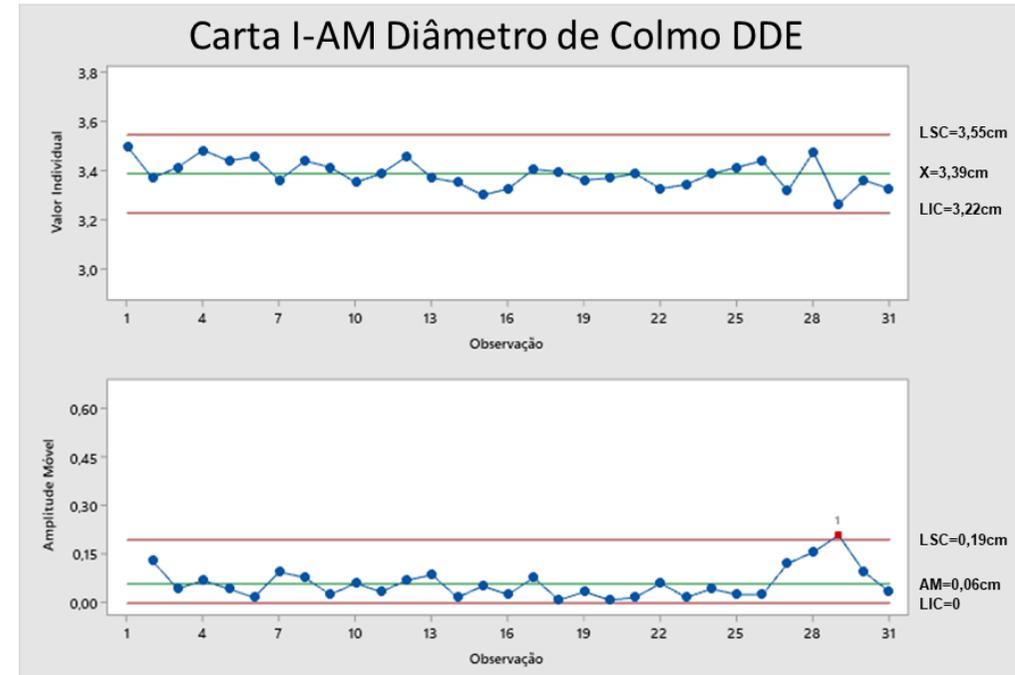
**Figura 30.** Altura da inserção da espiga principal Dosador Dupla Esteira.

Para diâmetro do colmo o valor médio obtido foi de 3,38 mm para DH a menor espessura de colmo 2,92 mm e a maior 3,57 mm e a média para o DDE foi de 3,39 mm, sendo 3,27 mm a menor e 3,50 a maior espessura. É importante observar que quanto maior o índice de espessura do diâmetro de colmo menos a possibilidade de tombamento.

Embora as médias sejam próximas para ambos os tratamentos observamos que no DH a uma maior variabilidade do diâmetro. De acordo com Souza et al. (2016), o diâmetro do colmo tem função importante para as plantas de milho, porque atua no armazenamento de sólidos solúveis que serão usados posteriormente na formação dos grãos.



**Figura 31.** Diâmetro de colmo Dosador Helicoidal.



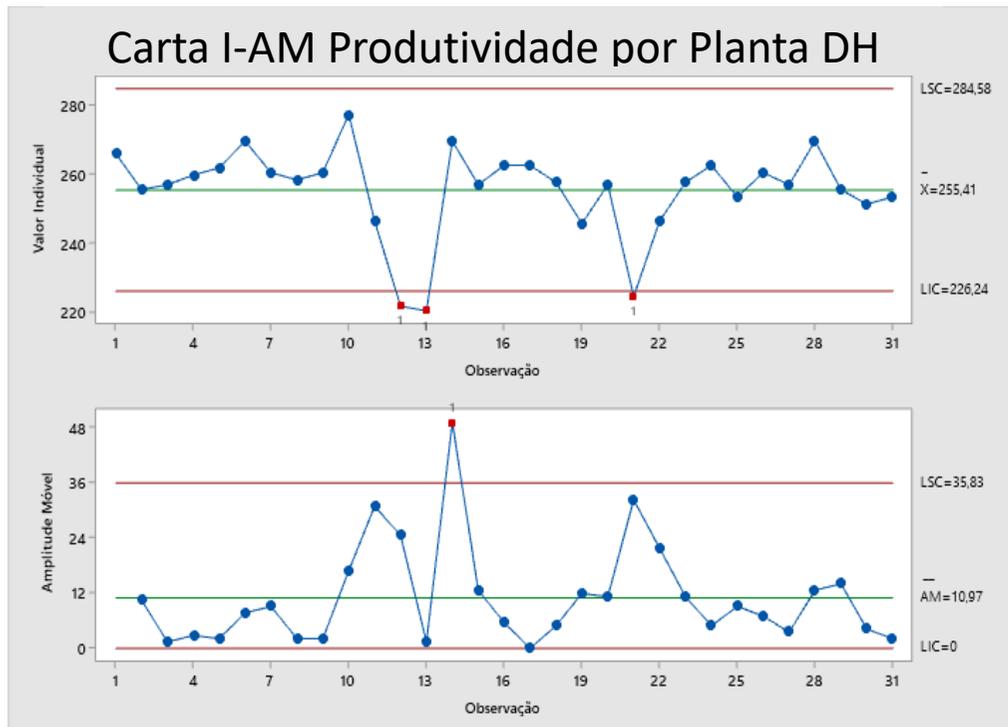
**Figura 32.** Diâmetro de colmo Dosador Dupla Esteira.

As figuras 33 e 34 demonstram que a produtividade média das 31 plantas da cultura do milho apresentou diferenças de produção, com uma média de 255,4g colhidos para o dosador helicoidal (DH) o que representaria um total de 13.792,12 kg ha<sup>-1</sup>, e para dosador dupla esteira (DDE) 14.702,98 kg ha<sup>-1</sup> com uma média de 272,27g colhidos nas 31 plantas o que representa um ganho de 6,6% na produtividade.

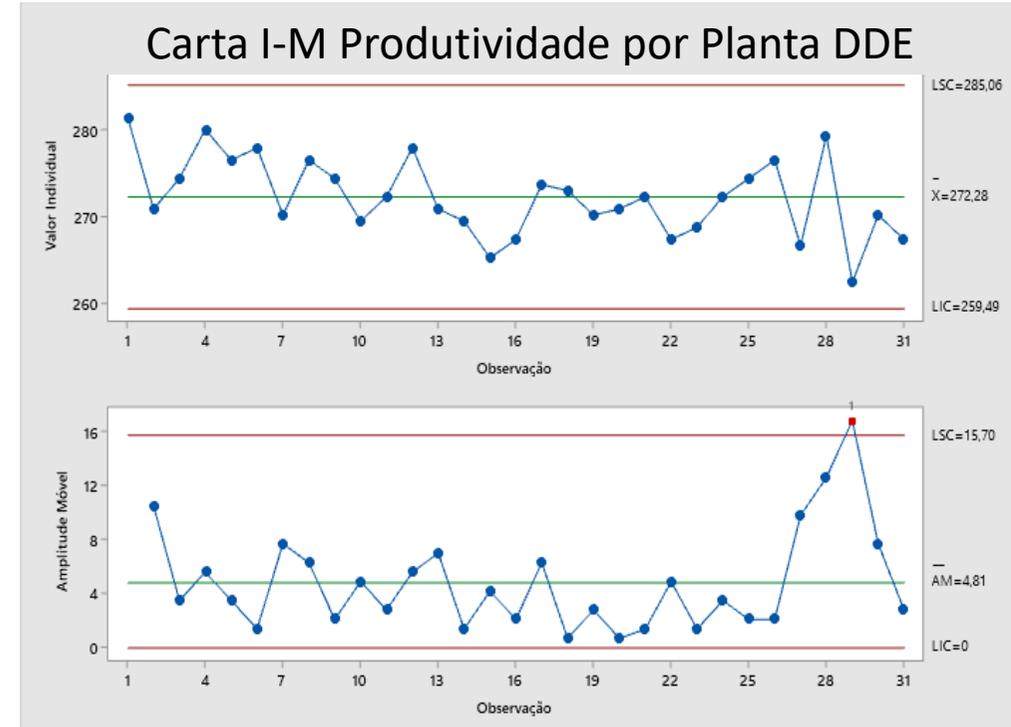
O valor da área colhida é de 13900 kg ha<sup>-1</sup> para tratamento DH e para o tratamento DDE a área total colhida foi de 14750 kg ha<sup>-1</sup>.

Pagnussat et al. (2014), avaliando a variabilidade nas doses por dosadores helicoidais de fertilizante por gravidade apresenta uma baixa eficiência na redução de variação da aplicação.

Estudos comprovam que as plantas de milho quando em estágio V4 apresentam ramificações diferenciadas nas raízes, isto devido ao fato de que o estágio V4 é considerado momento definitivo de potencial produtivo. Portanto, a pouca disponibilidade de nutrientes diretamente no desenvolvimento da planta principalmente no V8 onde ocorrem altas taxas de absorção de nutrientes, principalmente potássio e nitrogênio respectivamente (BOREM et al., 2015).



**Figura 33.** Produtividade por plantas Dosador Helicoidal.



**Figura 34.** Produtividade por plantas Dosador Dupla Esteira.

## 5. CONCLUSÃO

O protótipo do dosador de dupla esteira desenvolvido, na comparação com o dosador helicoidal apresentou uma menor variação no processo de dosagem em todos os testes de distribuição mostrando-se mais eficiente e eficaz do que o helicoidal em laboratório.

O dosador de dupla esteira sofre menor influência em função da inclinação do relevo e de vibração da máquina.

O dosador de dupla esteira tem a capacidade de distribuir o fertilizante granulado mineral de formulação 08-28-18 de forma mais precisa que o dosador helicoidal.

Desta forma os resultados finais obtidos no experimento a campo reforçam que uma distribuição adequada de fertilizantes no sulco de semeadura reflete no ganho de produtividade da cultura aproximadamente de 6,6% de ganho real na produção.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR5776:80 Fertilizantes corretivos e condicionadores de solo**. Rio de Janeiro, 1994. 5 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de norma: 04:015.06-10: **Semeadora e distribuição de fertilizantes ou corretivos – Terminologias e Definições**. Rio de Janeiro, 1996.

ALCARDE, J.C; GUIDOLIN, J.A. & LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. Boletim Técnico, 6. 3a ed. São Paulo, ANDA, 1998, 35 p.

ALTMANN, A. S., BONOTTO, G. J., BEDIN, P. R, SILVEIRA, HENDRIGO, A. T., CARPES, D. P., DIAS, V. O., MONTEMEZZO, J., ALONÇO, A. dos S. **Metodologia para avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em semeadoras-adubadoras**. XIV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão. 10 a 12 de novembro de 2010. Centro Universitário Franciscano

ARAUJO, A. G. et al. **Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja (Glycine max l.) e milho (Zea mays l.) em solos argilosos**. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 226-237, 1999.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2005. 310 p.

BONOTTO, G. J.; et al. **BANFERTI: bancada para testes com dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas**. In: XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Cuiabá - MT, Brasil, 24 a 28 de julho 2011.

BONOTTO, G. J. **Desempenho de dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas**. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015.

BORTOLETTO-SANTOS, R.; POLITO, W. L.; RIBEIRO, C, **Estudo da Liberação Controlada de Ureia Usando Poliuretana**. SIAGRO – 2014. São Carlos – São Paulo, novembro de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília: LANARV, 1988. 141 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009. 395p.

BRODER, M.; ACHORN, F. **Applicator calibration and maintenance**. *Fertilizer Progress*, Washington, v.15, p.30-69, 1984.

CAIRES, E. F. E MILLA, R. Solos e Nutrição de Plantas. **Adubação Nitrogenada em Cobertura para o Cultivo de Milho com Alto Potencial Produtivo em Sistema de Plantio Direto de Longa Duração**. *Bragantia*, Campinas v. 75, n. 1, p. 87-95, 2016.

CAMACHO-TAMAYO, J. H.: et al. **Operational characteristics of four metering systems for agricultural fertilizers and amendments**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, vol 29, n. 4, p. 605-613, out. / dez., 2009.

CANCELLIER, E. **Eficiência da ureia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída**. 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CAVALHO, F. J. P. de C. **Segregação de fertilizantes ensacados em “Big Bag”**. 2001. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

COELHO, J. L. D.; MOLIN, J. P.; GADANHA JR, C. D.; VASARHELYI, A. **Avaliação do desempenho de máquina aplicadoras a lanço na distribuição de gesso agrícola**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 21, Simpósio de Engenharia Agrícola do Cone Sul, 1, 1992, Santa Maria, Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Santa Maria: SBEA, 1992.v.4, p. 2058-2103.

COSTA, F. S. et al. **Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 527-535, 2003.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, A. R.; SILVA, V. L.; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S., **Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, UAEA/UFMG –V.18, n.12, 2014.

FRANCETTO, T. R. DAGIOS, R. F.; FERREIRA, M. F.; ALONSO, A. S. **Mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes presentes nas semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil**. CLIA/CONBEA 2012. Londrina- PR, 2012. 4p.

FURLANI, C. E. A. et al. **Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho**. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 885-889, nov/dez, 2013.

GAYLORD, E. H.; GAYLORD, C. N. **Design of stell bins for storage of bulk solids**. New Jersey: Prentice-Hall, 359p, 1984.

GARCIA, A. P. **Desenvolvimento de um sistema de controle eletromecânico para dosador de fertilizantes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Máquinas Agrícolas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

GARCIA, A. P. **Sistemas de controle fuzzy para dosadores helicoidais de fertilizantes com acionamento elétrico**. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Máquinas Agrícolas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

GOMES, C. A. et al.; **Fertilizante de liberação gradativa em cafeeiros em produção.** Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 2, n. 2, p. 35-39, jun. 2011.

GRISA, C.; SCHNEIDER, S. **Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil.** Porto Alegre: UFRGS, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola** - Fevereiro de 2021.

KEMPSKI, L. A. **Construção de uma bancada de ensaio para avaliação de mecanismos dosadores de sementes.** 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Setor de Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

KLAVER, P. P. C. **Programa computacional para otimização da lastragem de tratores agrícolas.** 80 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.

KLEIN, V. A. et al. **Velocidade de semeadura de trigo sob sistema plantio direto.** Revista de Ciências Agroveterinárias. Lages, v. 7, n. 2, p. 150-156, 2008.

LI, Q. **Real Time concepts for Embedded Systems.** San Francisco: CMPBooks, 2003. 294 p.

LIEBIG, J. 'Der Zustand der Chemie in Preussen', **Annalen der Chemie und der Pharmacie**, V. 34, 1840. 102 p.

LOPES, A. S. Manual Internacional de Fertilidade do Solo: **Conceitos sobre fertilidade do solo e produtividade.** 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1998.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: Aspectos agronômicos.** 3a Edição revisada e atualizada – São Paulo, ANDA. Boletim Técnico 4, 2000. 70 p.

MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E. **Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set.** Field Crops Research, v.85, n.1, p.1-13, 2004.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. de C. **Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.27, p.1.579- 1.586, 1992.

MANTOVANI, E. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, A. C. **Avaliação em campo de um semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

MASSOUDI, M. On the flow of granular materials with variable material properties. **International Journal of Non-Linear Mechanics**, Oxford, v. 36, n.1, p. 25-37, 2001.

MATOS, M.; **Desenvolvimento de Fertilizantes Nano-Estruturados para Liberação Lenta de Nitrogênio**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná – Curitiba – PR – 2017.

MINITAB. **MINITAB Release 16: Meet MINITAB 16. MINITAB StatGuide; MINITAB Help**. [S.l.]: Minitab., 2007.

MOLIN J. P. & MAZZOTTI H. C. **Influência da utilização e do tipo de amortecedores de ricochete em ensaios de aplicadores a lanço**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.2, p.281-285, 2000.

NASSER et al. **Análise econômica da produção de café arábica em São Sebastião do Paraíso, estado de Minas Gerais**. Revista Informações Econômicas, São Paulo, v. 42, p. 17-19, 2012.

NOGUEIRA, A. R. A., MATTOSO, L. H., BLAYLOCK, A.; **Novos Fertilizantes Nitrogenados o Futuro dos Fertilizantes Nitrogenados de Liberação Controlada**. International Plant Nutrition Institute – Brasil, Nº 120 – 2007.

PADILHA, C. S. **Uniformidade de aplicação de fertilizantes com diferentes características físicas**. Relatório de estágio do curso de Agronomia. 83 f. Universidade Federal de Santa Catarina – Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis, SC. 2005.

PAGNUSSAT, L.; ROSA, D. P. da.; SANTOS, C. C. dos.; TONIASO, A. M.; PESINI, F. **Eficiência de dosadores helicoidais em função da dosagem na cultura da soja**. In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campo Grande/MS, 2014.

PARISH, R. L. **Evaluation of two methods of fertilizer spreader pattern correction**. Transactions of ASAE, Saint Joseph, v.29, p.370-373, 1986.

PARISH, R. L. **Effect of coating thickness on spreader damage to encapsulated controlled-release fertilizer granules**. Applied Engineering in Agriculture, Saint Joseph, v.17, p.459-460, 2001.

PERCHE FILHO, A.; CASTIONE, G.; STORINO, M. **Avaliação da qualidade de distribuição reduzida de fertilizantes para milho**. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia - 26 a 30 de agosto de 2012.

PEREIRA, L. S. et al. **Agrobiodiversidade em quintais como estratégia para soberania alimentar no semiárido norte mineiro**. Revista Ethnoscintia, Botucatu, v. 2, n. 1, 2017.

POPP, T.; ULRICCH, K.H. **Aplicación y calidad de los abonos complejos**. BASF Reportes Agrícolas, Limburferhof, v.3, p.14-23, 1985.

PORTELLA, J. A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT, 1997.

PORTELLA, J. A. **Semeadora para semeadura direto**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

PROCHNOW, L. I., ABDALLA, S. R. S.; **A Indústria de Fertilizantes Nitrogenados e o Futuro**. International Plant Nutrition Institute – Brasil, Nº 120 – 2007.

QUEIROZ, A.M. et al. **Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (Zea Mays L.)**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343 p.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. (Boletim Técnico Instituto Agrônômico n. 100). 285.

REYNALDO, E. F. **Avaliação de controlador automático de seções e pulverização**. 2009, 90 f. Dissertação (mestrado em Agronomia), Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2009.

REYNALDO, E. F. **Avaliação de mecanismos dosadores de fertilizantes sólidos tipo helicoidais em diferentes ângulos de nivelamento longitudinal e transversal**. 2013, 18-33 p. Dissertação (doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, 2009.

REYNALDO, E. T. et al. **Distribuição de fertilizantes a lanço em função da fração granulométrica**. Revista Enciclopédia Biosfera, Goiânia, n. 13, p. 487-494, 2016.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. **Variabilidade na composição de misturas de fertilizantes decorrente de segregação e estimativa do efeito sobre a produtividade da cana-de-açúcar**. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.13, p.14-19, 1994

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. **Requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais**. 2013 [s. n.].

SANTOS, A. B. **Sistema embarcado para determinação remota de índices de conforto térmico**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SANTOS, E. T.; HEINRICHS, R.; FIGUEIREDO, P. A. M. DE; PASCHOALOTO, J. R.; FRUCHI, F. M.; LISBOA, L. A. M. **Atributos químicos do solo e estado nutricional da cana-de-açúcar submetida à adubação orgânica e mineral**. 2013.

SANTOS, R. B.; **Desenvolvimento de revestimentos poliméricos para liberação controlada de ureia**. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo – IQSC, São Carlos – SP, 2015.

SCHULZ, R. E. H. **Projeto detalhado e construção do protótipo de uma Semeadora-adubadora de uma linha para agricultura familiar**. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2010.

SHAVIV, A.; RABAN, S.; ZAIDEL, E. **Modeling controlled nutrient release from polymer coated fertilizers: diffusion release from single granules.** Environmental Science & Technology, v.37, n.10, p.2251-2256, 2003.

SHEWHART, W. A.; **Economical Control of Quality of Manufactured Product.** Amer Society for Quality, 1931.

SILVA, D. R. G.; LOPES, A. S. **Princípios básicos para formulação e mistura de fertilizantes.** Departamento de Ciência do Solo/DCS. Universidade Federal de Lavras/UFLA 2011. 26 p.

SILVA, G. A. de. **Estudo da segregação em fertilizantes.** 1995. 169 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SILVA, L. B. J.; **Desenvolvimento de fertilizantes a base de ureia, reforçado com nanofibrila de celulose para controle de liberação de nitrogênio.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG, 2017.

SILVEIRA, J. C. M. et al. **Furrow depth, soil disturbance area and draft force of a seeder fertilizer at different seeding speeds.** Revista Ceres, Viçosa, v. 58, n.3, p. 293-298, mai/jun. 2011.

SMITH, G.E. Bulk blended. In: **ANNUAL MEETING OF THE FERTILIZER INDUSTRY ROUND TABLE**, 11., 1960, Washington. Proceedings... Maumee: Andersons; p.90-97, 1960.

SOGAARD, H. T.; KIERKEGAARD, P. **Yield reduction resulting from uneven fertilizer distribution.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 37, p. 1749-1752, mai., 1994.

SOUSA, L.F.R.A.; SILVA, W.A.; SILVA, R.V. **Desenvolvimento de um aplicativo computacional para a recomendação de adubação e calagem para a cultura do milho (*Zea mays L.*) no estado do Maranhão, Brasil.** Revista Agroecossistema, Pará, n. 3, p. 36-40. 2011.

SOUZA, R. F de. **Efeito residual da adubação orgânica e mineral nos atributos de produtividade e agroindustriais na cana-soca.** 2013. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, 2013.

SOUZA, E. S.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; BEBÉ, F. V. **Crescimento de milho em Latossolo com aplicação de água residuária de suinocultura.** Enciclopédia Biosfera, v. 13, n. 23, p. 369-376, 2016.

TRENKEL, M. **Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture.** 2. ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

VASCONCELOS, M. B. S. **Desenvolvimento de um dosador de fertilizantes com dupla saída.** Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. **Calagem e uso do gesso agrícola em pastagens. In: Simpósio Sobre Ecossistema de Pastagem, 3, 1997, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. P. 63-111.**

VITTI, G.C.: LUZ, P. H. C. **Nutrição e adubação de plantas. Manual técnico para Serrana Fertilizantes,** Piracicaba, 2002.

VIZZOTTO, V. R. **Desempenho de mecanismos sulcadores em semeadora-adubadora sobre os atributos físicos do solo em várzea no comportamento da cultura da soja (*Glycine M ax I*).** 78 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ZEBARTH, B. J. et al. **Pelletized organo-mineral fertilizer product as a nitrogen source for potato production.** Canadian Journal of Soil Science, v.85, n.3, p. 387-395, 2012.