

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
CAMPUS IBIRUBÁ**

**Influência da umidade do calcário na uniformidade de distribuição**

**Breno Eduardo de Souza**

**Ibirubá, 2023.**

**BRENO EDUARDO DE SOUZA**

**Influência da umidade do calcário na uniformidade de distribuição**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado junto ao curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Daniela Batista dos Santos

**Ibirubá, 2023.**

## RESUMO

A distribuição de corretivos e fertilizantes utilizando distribuidores centrífugos à lanço é um importante método de distribuição por possibilitar variações de dosagem e capacidade operacional. No que se refere ao calcário, o tamanho de partículas pode influenciar a faixa de distribuição. Logo, o conhecimento de como se dá a distribuição dele em diferentes umidades, além do tamanho de partículas em cada ponto da distribuição permite constatar uma largura ideal de trabalho. Para o experimento, foram realizadas distribuições de calcário em três diferentes teores de umidade (calcário seco, intermediário e úmido), cuja operação foi realizada com a utilização de um distribuidor duplo disco 1200 da marca JAN. O produto distribuído foi coletado por meio de bandejas coletoras próprias para o insumo, desta forma, foi possível realizar a avaliação da distribuição do calcário em uma largura de 16 metros, constatando diferentes gráficos de distribuição em cada teor de umidade. Para a avaliação de granulometria, foram utilizadas peneiras para separação do calcário de acordo com o seu tamanho de partícula, onde, o calcário presente nos coletores foi peneirado individualmente, em todas as repetições para cada teor de umidade. Foi possível observar diferenças no coeficiente de variação (CV%), massa e variações na distribuição para cada tamanho de partícula, em cada teor de umidade, de forma que, os diferentes tamanhos de partícula se distribuíssem de forma desigual de acordo com a umidade do calcário. Além disso, a granulometria também apresentou diferenciação significativa para cada teor de umidade, no que diz respeito às partículas menores que 0,27 mm, foram distribuídas à uma maior distância na utilização do calcário intermediário e úmido, partículas maiores apresentaram uma distribuição uniforme em toda a faixa de distribuição avaliada, enquanto as partículas menores, apresentaram maior volume nos coletores centrais.

**Palavras-chave:** Distribuição, Partículas, Granulometria, Umidade.

## ABSTRACT

The distribution of correctives and fertilizers using centrifugal haul distributors is an important distribution method as it allows variations in dosage and operational capacity. As far as limestone is concerned, the particle size can influence the distribution range. Therefore, knowledge of how it is distributed at different humidities, in addition to the particle size at each point of the distribution, makes it possible to determine an ideal working width. For the experiment, distributions of limestone were carried out in three different moisture contents (dry, intermediate and wet limestone), whose operation was carried out using a JAN 1200 double disc distributor. The distributed product was collected using collection trays suitable for the input, so it was possible to evaluate the distribution of limestone over a width of 16 meters, noting different distribution graphs for each moisture content. For the granulometry evaluation, sieves were used to separate the limestone according to its particle size, where the limestone present in the collectors was sieved individually, in all repetitions for each moisture content. It was possible to observe differences in the coefficient of variation (CV%), mass and variations in the distribution for each particle size, in each moisture content, so that the different particle sizes were unevenly distributed according to the humidity of the limestone. In addition, the granulometry also showed significant differentiation for each moisture content, with regard to particles smaller than 0.3 mm, they were distributed at a greater distance in the use of intermediate and humid limestone, larger particles presented a uniform distribution throughout the evaluated distribution range, while the smaller particles, presented greater volume in the central collectors.

**Keywords:** Distribution, Particles, Granulometry, Humidity.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Demarcação da área experimental

**Figura 2:** Trator e distribuidor utilizados no experimento

**Figura 3** – Processo de umedecimento do calcário

**Figura 4** – Preparo e disposição dos coletores na área experimental

**Figura 5** – Separação e pesagem dos diferentes tamanhos de partículas com a utilização de peneiras

**Figura 6** – Coeficiente de variação do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido

**Figura 7** – Distribuição do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C).

**Figura 8** – Massa de calcário coletada nas bandejas após a distribuição do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C).

**Figura 9** – Granulometria do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C) retido na peneira 1 (0,84 mm), 2 (0,27 mm) e 3 ( $< 0,27$ ) em função da faixa de distribuição.

**Figura 10** – Representação percentual de granulometria do calcário seco (A), intermediário (B), úmido (C) coletado ao longo da faixa de distribuição.

**Figura 11** – Distribuição simulada do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C).

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Reatividade de partículas de calcário em diferentes granulometrias adotados pela ABNT.

**Tabela 2** – Valores mínimos de PN, soma de óxidos e PRNT

**Tabela 3** – Exigências, especificações e exigências mínimas para fertilizantes sólidos

**Tabela 4** – Teores de umidade do calcário para utilização no experimento

**Tabela 5** – Representação percentual do calcário utilizado no experimento.

**Tabela 5** – Dosagem de calcário em cada teor de umidade do produto.

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CV% – Coeficiente de variação

RPM – Rotações por minuto

RE – Taxa de reatividade

PRNT – Poder relativo de neutralização total

pH – Potencial hidrogênico

V% - Saturação por bases

CV% - Coeficiente de variação

CTC – Capacidade de troca de cátions

PN – Poder de neutralização

K<sup>+</sup> - Potássio monovalente

Al<sup>3+</sup> - Alumínio trivalente

Ca<sup>2+</sup> Cálcio bi-valente

Mg<sup>2+</sup> - Magnésio bi-valente

H<sup>+</sup> - Íon hidrogênio

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
2.1 IMPORTÂNCIA DO CALCÁRIO .....	11
2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE O CALCÁRIO .....	12
2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS .....	14
2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	15
2.5 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE CALCÁRIO .....	16
2.6 FATORES QUE AFETAM A DISTRIBUIÇÃO .....	17
<b>3. METODOLOGIA/MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1. LOCAL DOS ENSAIOS .....	20
3.2. CONJUNTO DE MAQUINÁRIO UTILIZADO .....	20
3.3. CALCÁRIO A SER AVALIADO .....	21
3.4. METODOLOGIA DE UMEDECIMENTO E CONTROLE DE UMIDADE DO CALCÁRIO .....	21
3.5. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE .....	22
3.6. REGULAGEM DO EQUIPAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO .....	23
3.7. DISTRIBUIÇÃO DOS COLETORES .....	23
3.8. ANÁLISE DE GRANULOMETRIA .....	24
3.9. SOFTWARE ADULANÇO 3.1 .....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>27</b>
4.1. ANÁLISE DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%) .....	27
4.2. AVALIAÇÃO DA MASSA DE CALCÁRIO COLETADA NAS BANDEJAS .....	30
4.3. GRANULOMETRIA DO CALCÁRIO NA FAIXA DE DISTRIBUIÇÃO .....	32
4.4. REPRESENTAÇÃO PERCENTUAL DE GRANULOMETRIA DO CALCÁRIO .....	34
4.5. AVALIAÇÃO DE DOSAGEM DO CALCÁRIO .....	36
4.6. DISTRIBUIÇÃO SIMULADA .....	37
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A prática da calagem é de suma importância para a manutenção das características desejáveis do solo, como o pH adequado para cada cultura, desta forma, fornecendo as condições adequadas de acidez do solo de acordo com a necessidade, elevando a produtividade nas áreas de cultivo.

As características do processo de correção de acidez do solo são relacionados com a qualidade do corretivo, desta forma, duas características se mostram mais importantes: O poder de neutralização do  $H^+$  e a distribuição granulométrica após o processo de moagem do produto (LOPES et al., 1991; BORTOLUZZI et al., 2022). Tais parâmetros compõem o poder de neutralização total (PRNT) e a taxa de reatividade (RE) do calcário. Essas características estão diretamente ligadas ao tamanho de partícula, de forma que, partículas menores irão atuar na correção da acidez do solo com maior velocidade, em comparação às partículas maiores, que levam mais tempo para gerar tal processo. Nesse sentido, a compreensão de como se dá a distribuição do calcário e o tamanho de partículas na faixa de trabalho é imprescindível para se definir uma largura útil onde a correção do solo será eficiente.

Existem alguns fatores que podem afetar a uniformidade da distribuição de fertilizantes e corretivos e dentre eles pode-se destacar: o tipo de maquinário utilizado (mecanismo dosador e mecanismo distribuidor), o tipo de insumo distribuído (características físicas do produto), a velocidade de aplicação, largura útil de trabalho (faixa de aplicação) e as condições climáticas (umidade relativa, ventos etc.) (MOLIN E MAZOTTI, 2000).

Em se tratando da distribuição de calcário, especialmente, em razão da prática do sistema plantio direto, essa se dá a lanço, sobre a superfície do solo. Segundo Tiburcio (2012) para o processo de distribuição de calcário a lanço, podem ser usados três tipos de distribuidores: Os de inércia (pendular), por gravidade e por força centrífuga. Nestes equipamentos a largura efetiva depende das sobreposições das passadas e isso dificulta a escolha da largura de distribuição a ser utilizada (HACHUY, 2008).

No RS, os principais maquinários utilizados para a distribuição do calcário são os gravitacionais, tanto modelos hidráulicos como de arrasto, cujas principais diferenças são a presença de uma esteira para alimentação do mecanismo centrífugo, que irá realizar a distribuição do calcário. Já no caso dos modelos hidráulicos, o mecanismo de alimentação também funciona por meio da gravidade, possuindo uma comporta para regulagem, que libera o calcário diretamente nos discos.

Diante do exposto, percebe-se que a eficiência da prática da calagem está diretamente ligada à qualidade do calcário a ser utilizado, à regulagem e dosagem correta a ser utilizada, atendendo a demanda do solo de acordo com os resultados obtidos na análise de solo. Ainda, todos esses fatores relacionam-se com o teor de umidade do calcário, de forma que sua distribuição longitudinal e transversal é afetada de acordo com o teor de água do corretivo, a granulometria do produto em diferentes distâncias também pode ser influenciada, uma vez que quanto mais seco, possivelmente serão distribuídas em maiores distâncias somente as partículas maiores, que possuem menor velocidade na função de corrigir a acidez do solo. Para essas questões, há uma lacuna em informações técnicas e científicas.

Logo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição do calcário, bem como a granulometria do produto, em função de três teores de umidade, quando utilizado um distribuidor duplo disco hidráulico.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importância do calcário

Segundo Boyton, 1966; Alcarde, 1983 e 1986; Tisdale et al., 1985; Brasil, 2004, o calcário é um produto confeccionado a partir da moagem da rocha calcária. Sendo constituído por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e o carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ). Os calcários são classificados de acordo com o teor de  $\text{MgCO}_3$ : calcíticos, com teor de  $\text{MgCO}_3$  menor que 10%; magnesianos, com teor intermediário de  $\text{MgCO}_3$  entre 10% e 25%; e dolomíticos, com teor de  $\text{MgCO}_3$  maior que 25%. De acordo com sua natureza geológica, os calcários são também divididos em sedimentares e metamórficos. Os sedimentares apresentam característica de menor dureza e os metamórficos possuem maior solidez, no entanto quando bem moídos apresentam comportamento agronômico semelhante.

Corretivos da acidez dos solos são produtos que possuem capacidade de neutralizar (eliminar ou diminuir) a acidez dos solos e ainda conduzir nutrientes vegetais ao solo, principalmente cálcio e magnésio (Alcarde, 1992).

A calagem é prática significativa em solos cujas propriedades químicas são influenciadas por cargas elétricas que sofrem interferência do pH. O cultivo de solos sob campo nativo, principalmente aqueles do Rio Grande do Sul, demandou melhorias nas propriedades químicas, sem que a estrutura do solo fosse modificada. Assim, o cultivo em sistema plantio direto e a calagem realizada na superfície do solo sem incorporação, contribuíram para contemplar esse objetivo. Melhorias nas propriedades químicas foram constatadas na superfície do solo (Rheinheimer et al., 2000).

O uso de calcário no Brasil mostra alguns problemas, dentre os quais se pode destacar a baixa quantidade utilizada nos solos tropicais, quando comparada à necessidade demandada por diferentes tipos de solo. No Brasil, normalmente são utilizados cerca de 20 milhões de toneladas/ano de calcário, para uma capacidade de produção de 50 milhões de toneladas/ano. A relação média calcário/adubo é baixa (cerca de 1:1) em comparação com o que é recomendado, cerca de 4:1 para solos tropicais (LOPES, 1997).

## 2.2 Legislação sobre o calcário

A respeito da granulometria, a legislação trata através da portaria SEFIS n° 03 de 12/06/86, onde apresenta que corretivos da acidez do solo deverão possuir as seguintes características mínimas: passar 100% em peneira de 2 mm (ABNT n° 10); 70% em peneira de 0,84 mm (ABNT n° 20) e 50% na peneira de 2mm (ABNT n° 10) (LOPES, et. al., 1991).

**Tabela 1** – Reatividade de partículas de calcário em diferentes granulometrias adotados pela ABNT - Fonte: Alcarde (2005).

Fração granulométrica		Taxa de reatividade (RE)
Peneiras Nº (ABNT)	Dimensão (mm)	(%)*
maior que 10	maior que 2	0
10-20	2 a 0,84	20
20-50	0,84 a 0,30	60
menor que 50	menor que 0,30	100

(\*) Percentual do corretivo que reage em 3 meses

Art. 1º Para efeito da presente Instrução Normativa entende-se por:

I - Corretivo de acidez: produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos;

V - Poder de neutralização (PN): capacidade potencial total de bases neutralizantes contidas em corretivo de acidez, expressa em equivalente de Carbonato de Cálcio puro (%E);

VI - Reatividade das partículas (RE): valor que expressa o percentual (%) do corretivo que reage no solo no prazo de 3 (três) meses; VII - poder relativo de neutralização total (PRNT): conteúdo de neutralizantes contidos em corretivo de acidez, expresso em equivalente de Car-

bonato de Cálcio puro (%E), que reagirá com o solo no prazo de 3 (três) meses;0-90 (Alcarde, 2015).

**Tabela 2** – Valores mínimos de PN, soma de óxidos e PRNT

Fonte: Alcarde, (2015).

MATERIAL CORRETIVO DE ACIDEZ	PN (% E <sub>CaCO<sub>3</sub></sub> ) Mínimo	Soma % CaO + %MgO (Mínimo)	PRNT Mínimo
Calcário agrícola	67	38	45
Calcário Calcinado agrícola	80	43	54
Cal hidratada agrícola	94	50	90
Cal virgem agrícola	125	68	120
Parâmetros de referência para outros corretivos de acidez.	67	38	45

## INSTRUÇÃO NORMATIVA N o 61, DE 08 DE JULHO DE 2020

### Seção II - Exigências, Especificações e Garantias Mínimas Subseção

#### I - Da Natureza Física

Art. 4º Os fertilizantes orgânicos e os biofertilizantes, de acordo com a sua natureza física, sólida ou fluída, terão as seguintes especificações de natureza física: I - para os produtos sólidos (Brasil, 2020):

**Tabela 3** – Exigências, especificações e exigências mínimas para fertilizantes sólidos

Fonte: Brasil, 2020.

NATUREZA FÍSICA	ESPECIFICAÇÃO DE NATUREZA FÍSICA	GARANTIA GRANULOMÉTRICA	
		Peneira	Partículas Passantes
SÓLIDO	Granulado e Mistura de Grânulos	4,8 mm (ABNT 4)	90%
		2 mm (ABNT 10)	40% máximo
		1 mm (ABNT 18)	5% máximo
	Pó	2,0 mm (ABNT 10)	100%
		0,84 mm (ABNT 20)	70% mínimo
		0,3 mm (ABNT nº 50)	50% mínimo
	Farelado	4,80 mm (ABNT 4)	95% mínimo

### 2.3 Características químicas

A capacidade de correção da acidez do solo do calcário, também nomeada de poder de neutralização (PN), varia em função da natureza e da proporção das características mineralógicas e seus componentes químicos. No entanto, a velocidade de reação e o poder residual dos produtos depende também do tamanho das suas partículas. Um material de menor tamanho aumenta a superfície externa e favorece o contato com o solo. Deste modo, a velocidade de reação é elevada, em detrimento do seu efeito residual (Maeda et, al. 1996).

Solos com altos índices de acidez possuem muitos íons  $H^+$  e poucos íons  $Ca^{2+}$  (cálcio) e  $Mg^{2+}$  (magnésio) e  $K^+$  (potássio) adsorvidos na CTC, onde o pH baixo apresenta um indicativo da situação química geral deste solo. Solos com esta característica apresentam baixa CTC, baixa saturação de bases (V%), teores de alumínio tóxico ( $Al^{3+}$ ) altos, excesso de manganês, elevada retenção de fósforo nos colóides do solo e indisponibilidade de alguns micronutrientes. A saturação por bases também indica condições gerais da fertilidade do solo, que podem ser divididos em solos eutróficos (V% > 50%) denominados férteis, e distróficos (V%) (Ronquim, 2010).

Os calcários são classificados quanto ao seu teor de MgO em: calcítico, com menos de 5% de MgO; magnesiano, com 5% a 12% de MgO; e dolomítico, com mais de 12% de MgO. Os calcários calcíticos apresentam de 1% a 5% de MgO e de 45% a 55% de CaO; os magnesianos, de 5% a 12% de MgO e de 40% a 42% de CaO; e os dolomíticos, de 13% a 21% de MgO e de 25% a 35% de CaO (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004).

No solo, em contato com a água, o calcário libera  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $CO_3^{2-}$  (carbonato) e depois  $HCO_3^-$  (bicarbonato). As bases,  $CO_3^{2-}$  (carbonato) e  $HCO_3^-$  (bicarbonato), é que possibilitam a formação de  $OH^-$ , sendo bases fracas, como mostram suas constantes de ionização  $K_{b1}$  e  $K_{b2}$ , respectivamente. Isso significa que a reação de formação do  $OH^-$  é relativamente lenta. O  $OH^-$  produzido neutralizará o  $H^+$  da solução do solo, responsável por sua acidez (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004).

A correção desta acidez consiste em aplicar sobre o solo, um produto que seja capaz de gerar ânions hidroxilas ( $OH^-$ ), que irão reagir com o alumínio ( $Al^{3+}$ ) e os  $H^+$  livres na solução por meio de solubilização e dissociação, neutralizando seu efeito tóxico as raízes das

plantas. Esta correção se faz necessária para elevação do pH do solo através da aplicação de um produto corretivo de acidez, melhorando a disponibilização de alguns nutrientes necessários para as culturas permitindo um melhor aproveitamento dos fertilizantes fornecidos às plantas, permitindo aumentar a produtividade da maioria das culturas. O correto funcionamento do corretivo tem relação direta com a dose do produto a ser aplicada, característica do corretivo e perfeita distribuição do mesmo sobre o solo (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004).

#### 2.4 Características físicas

De acordo com Alcarde (2005), a fração maior que 2 mm (retida na peneira No 10) não tem efeito considerável na correção da acidez; que 80% da fração 10-20 (2 a 0,84 mm) e 40% da fração 20-50 (0,84 a 0,30mm) continuarão agindo no solo mais lentamente após o período de 3 meses; e que a fração menor que 0,3 mm reage totalmente em 3 meses.

Os constituintes neutralizantes dos corretivos apresentam baixa solubilidade. Então, sua reação no solo vai ser influenciada pela umidade e pelo contato de suas partículas com o solo. Por sua vez, esse contato vai ser influenciado pelo grau de moagem do corretivo e por sua mistura com o solo. Quanto mais moído se apresentar o corretivo, maior será seu contato e maior será sua reação no solo. Então, o tamanho das partículas dos corretivos torna-se uma característica de qualidade importante, com estreita relação com a eficiência desses materiais. Porém, quando se aumenta o grau de finura, aumentam-se também as dificuldades de aplicação, tanto em relação aos equipamentos de aplicação quanto ao contato do corretivo com o operador, e se aumentam as perdas causadas pelo vento. (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004).

Primavesi & Primavesi (2004) afirmam que não é interessante exigir garantia mínima de reatividade e sim garantia mínima de granulometria, o que é feito pela legislação em vigor: no mínimo 95% do calcário deve passar na peneira com malha de 2 mm (ABNT no 10), 70% na peneira com malha de 0,84 mm ABNT no 20) e 50% na peneira com malha de 0,30 mm (ABNT no 50). Há, portanto, tolerância de 5% de material que não terá reação no solo.

O aumento do PRNT dos corretivos pode ser conseguido com moagem mais fina do calcário ou com sua calcinação. A moagem confere aumento da sua reatividade e a calcinação, aumento do PN e da reatividade. Portanto, quanto maior o PRNT do corretivo, tanto maior será sua reatividade. O PRNT, na prática, é usado para caracterizar o poder neutralizante efetivo dos corretivos (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004).

Segundo Alcarde 2005, deve ser lembrado que o aumento do grau de finura aumenta também as dificuldades de aplicação, tanto em relação aos equipamentos aplicadores quanto às perdas em consequência do vento, e também o maior contato do corretivo com o operador.

## 2.5 Equipamentos utilizados para a distribuição de calcário

De acordo com Farret (2005) os maquinários de distribuição, possuem um chassi, um depósito, um mecanismo dosador e outro regulador. Esses mecanismos distribuidores são importantes na distribuição dos produtos no solo, e podem ser classificados de acordo com o princípio utilizado no seu lançamento.

A aplicação de sementes, fertilizantes e corretivos a lanço é uma prática comum na agricultura Brasileira, sendo realizadas por diversos tipos de máquinas com diferentes formas construtivas e princípios de funcionamento (MOLIN e RUIZ, 1999). A distribuição de fertilizantes e corretivos sólidos é realizada por diversos equipamentos disponíveis, como os distribuidores a lanço de fundo móvel e discos centrífugos, os gravitacionais ou pendular, ou também o distribuidor de corretivos em queda livre (MOLIN, 2011).

As máquinas para adubação a lanço, podem ser utilizadas antes da semeadura da cultura ou em cobertura da mesma, sendo capaz de distribuir à campo o insumo depositado em um reservatório, com capacidade variável, de acordo com o modelo, pelo transporte de uma esteira, em sua base, até os discos giratórios, com aletas distribuidoras (SILVEIRA, 2001).

De acordo com Mialhe (1996), os distribuidores centrífugos de fertilizantes e corretivos são máquinas para a aplicação de produtos sólidos a lanço, ao longo de uma faixa, sobre a superfície do solo. Estas máquinas possuem um chassi, que sustenta toda a máquina, um depósito ou reservatório, mecanismo dosador e mecanismo distribuidor do produto sólido. O mecanismo dosador tem por função liberar uma determinada quantidade de produto do

reservatório, previamente estabelecida por sua regulação, para o mecanismo distribuidor. Os mecanismos dosadores podem ser classificados, de acordo com o tipo de funcionamento, em gravitacionais e volumétricos. Os dosadores gravitacionais utilizam a força da gravidade para promover e controlar o fluxo de partículas sólidas que escoam do depósito para o mecanismo distribuidor. Os dosadores volumétricos liberam continuamente um determinado volume de produto retirado do reservatório e colocado no mecanismo distribuidor (Farret, 2005).

## 2.6 Fatores que afetam a distribuição

A distância horizontal na qual as partículas são lançadas é afetada pela granulometria, forma, densidade, padronização e velocidade angular dos pratos. Os componentes de uma mistura seca tendem a separar-se, sendo projetadas a maiores distâncias as partículas maiores e de mesma densidade, sendo que o vento afeta também a distância e, conseqüentemente, o padrão de distribuição (MÁRQUEZ, 2001).

Segundo Cool et al. (2014), durante a distribuição a lanço, as forças que atuam simultaneamente sobre a partícula de fertilizantes são a força de atrito exercida pelo disco, a força centrífuga, a força exercida pela palheta e a força gravitacional.

A uniformidade de trabalho de um distribuidor centrífugo é definida pelo diagrama de distribuição com valores de largura útil e largura máxima de trabalho, e que o parâmetro utilizado para avaliar o equipamento é o coeficiente de variação (ORTIZ-CAÑAVATE et al. 1989).

Ganascini et al. (2016), avaliando um equipamento distribuidor com discos centrífugos, sob diferentes taxas de aplicação de calcário a lanço e diferentes métodos de percurso, concluíram que o CV% foi modificado com a variação da taxa aplicada e não seguiu uma tendência linear, alterando o perfil transversal de aplicação em cada taxa avaliada e a cada tipo de percurso trabalhado.

No sistema de destruição por gravidade, os maquinários possuem um mecanismo como orifício na parte inferior, por onde escoam o calcário e depois cai sobre o solo, ele pode ter um local de regulação, onde permite alterar a vazão, para atender a dosagem necessária (FARRET, 2005).

Nos distribuidores centrífugos, as partículas do calcário são distribuídas devido ao contato desse produto com aletas ou palhetas montadas em um disco ou rotor giratório. Isso resulta no lançamento do produto pela força centrífuga e o direcionamento delas regulado pelo ângulo das palhetas sobre o disco (DALLMEYER, 1985).

Souza (1984) cita que os distribuidores centrífugos são largamente utilizados por apresentarem economia de operação, facilidade de manutenção e alto rendimento, embora apresentem uma desuniformidade na aplicação com coeficiente de variação (CV) em torno de 20%.

Segundo Márquez (2001), distribuidores centrífugos de disco são equipamentos que possuem um depósito central de produto, com um ou dois discos com aletas, que giram acionados pela tomada de potência do trator, lançando o produto com determinada força.

O coeficiente de variação é um dos parâmetros utilizados para avaliar a uniformidade de distribuição. Para Valdez (1978), um perfil de distribuição com coeficiente de variação de 33% é suficientemente uniforme e não chega a afetar significativamente a produtividade da cultura. Neste mesmo sentido, Silva (1982) cita que grandes variações na uniformidade de aplicação produzem pequenas variações no rendimento de grãos por hectare. O efeito da desuniformidade de aplicação de fertilizantes depende da dose de produto aplicada, da fertilidade do solo, do tipo de cultivo e do tipo de fertilizante utilizado.

De acordo com Márquez (2001), nos distribuidores de projeção, a largura útil de trabalho nunca pode coincidir com a largura total de trabalho, tornando-se necessário uma sobreposição entre as passadas, garantindo a uniformidade de aplicação. Em geral, a quantidade de produto que chega a diferentes "bandas" paralelas à linha que circunda o distribuidor, diminui à medida que se distancia do centro do equipamento. Em função disso, torna-se necessária a sobreposição para compensar essa diminuição (Farret, 2005)

Segundo Márquez (2001), a baixa uniformidade de distribuição de produtos sólidos é influenciada por vários fatores. Em primeiro lugar o próprio projeto da máquina. Ao cair adubo sobre o disco giratório, a força centrífuga gera o lançamento das partículas do produto. Como a queda se realiza em diferentes pontos da superfície do disco, nem todas as partículas alcançam a mesma velocidade de saída. Consequentemente, as partículas de maior tamanho caem no solo a uma grande distância da máquina, enquanto as de menor tamanho caem mais próximas. A velocidade do disco, a forma das aletas e o orifício de saída do depósito (reservatório) modificam sensivelmente a distribuição, sendo difícil para os modelos de disco

único apresentarem uma boa uniformidade sem uma grande sobreposição entre passadas. Isto reduz a largura (Farret, 2005).

A uniformidade de distribuição geralmente é maior em máquinas equipadas com dois discos de distribuição, que giram em sentido contrário. Além do desenho da máquina e da granulometria do produto utilizado, o estado da máquina pode ser responsável pela perda de uniformidade, como solda uniforme do produto do depósito, discos tortos, aletas deformadas, corroídas ou cobertas com material aderido (Farret, 2005).

Adicionalmente, a desuniformidade da aplicação de calcário se deve ao uso majoritário dos distribuidores centrífugos (BALASTREIRE; COELHO, 2000), pois possuem alta capacidade operacional, facilidade de operação e manutenção, muitas possibilidades de ajustes e doses aplicadas, e aparente facilidade de calibração (FARRET et al., 2008).

As características físicas dos corretivos como teor de umidade, granulometria e ângulo de repouso tem maior influência do que as características químicas na qualidade resultante da aplicação (LUZ et al. 2010).

### 3. METODOLOGIA/MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local dos ensaios

O experimento foi realizado no módulo esportivo do IFRS *Campus* Ibirubá, localizado no município de Ibirubá-RS, a uma altitude de 416 m. A área utilizada foi o campo de futebol, onde o terreno utilizado é plano e possui barreira vegetal, disposta em volta do campo, o que reduziu a incidência de ventos durante os testes.



**Figura 1** -Demarcação da área experimental.

Fonte: Google Maps, 2023.

#### 3.2. Conjunto de maquinário utilizado

Para o conjunto trator-distribuidor, foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo 265 (Figura A), cedido pelo IFRS *Campus* Ibirubá. O distribuidor utilizado foi um duplo disco, com queda por gravidade, seu sistema de regulagem é do tipo comporta, acionada por sistema hidráulico, reservatório de rotomoldado com capacidade para 1200 kg, acionamento dos discos por cardã, da marca JAN (Figura 2B).



**Figura 2-** Trator e distribuidor utilizados no experimento.

*Autor: SOUZA, 2022.*

### 3.3. Calcário a ser avaliado

O calcário utilizado foi do tipo calcítico, obtido por meio da compra na empresa União Agrocomercial, de Ibirubá, totalizando 900 kg, que foram divididos em 3 bags, para posterior separação em relação aos teores de umidade. Os três bags foram colocados em uma calçada de concreto e enrolados em lona de silagem, para que não ocorresse interação da umidade do ambiente com a do calcário, por conta de que foram realizadas coletas de amostras para posterior secagem, a fim de se conhecer a umidade inicial do calcário dos três bags para realizar o acréscimo da quantidade de água necessária para atingir a umidade desejada para a condução dos testes.

### 3.4. Metodologia de umedecimento e controle de umidade do calcário

Para o controle de umidade do calcário, foram estipulados teores iniciais, pretendidos e finais de umidade. Por não apresentar uma metodologia específica na literatura para o aumento do teor de umidade do calcário, foi utilizada uma quantidade conhecida de água para uma quantidade conhecida de calcário, de forma que fosse acrescentada uma quantidade de água em litros (de acordo com o estipulado para cada teor de umidade) para cada 100 kg de calcário, buscando atingir a umidade pretendida.

Para a homogeneização da umidade foi utilizada uma betoneira disponibilizada pelo IFRS *Campus* Ibirubá, onde foi colocada a quantidade determinada de água e a quantidade condizente de calcário para se obter o teor de umidade pretendido. Para estabilização, foi respeitado um período de 10 minutos de repouso do calcário antes que fosse iniciada a sua distribuição.



**Figura 3** – Processo de umedecimento do calcário.

*Autor: SOUZA, 2022.*

### 3.5.Determinação da umidade

Durante os processos de umedecimento, foram coletadas amostras, que posteriormente foram secas em estufa a 105°C. Houve a coleta de amostras iniciais para determinação da quantidade de água inicial e após o processo de umedecimento, para a obtenção de resultados relacionados à quantidade de água já existente no calcário e umidade final obtida após os processos de umedecimento do calcário. Abaixo, estão representados por meio de uma tabela, os teores iniciais e pretendidos em cada teor de umidade.

**Tabela 4** – Teores de umidade do calcário utilizados nos testes de distribuição.

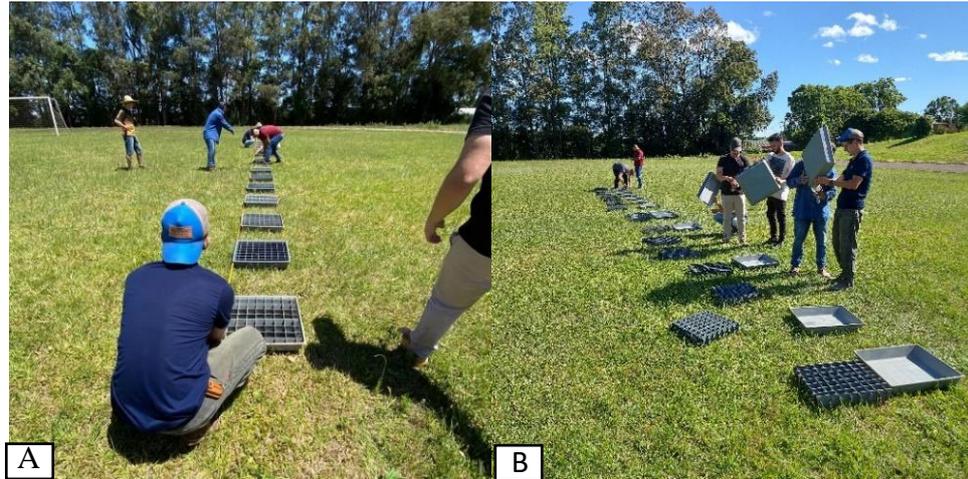
Teores iniciais, pretendidos e obtidos de água no calcário (mL/100 kg)			
	Inicial	Pretendido	Obtido
<b>Seco</b>	403	500	385
<b>Intermediário</b>	366	4.000	2.450
<b>Úmido</b>	385	6.000	4.332

### 3.6.Regulagem do equipamento de distribuição

A regulagem do distribuidor foi fixada na posição 6, o que representa a abertura total das comportas dosadoras do sistema, a velocidade do conjunto trator-distribuidor foi pré-estipulada a 6 km/h, com rotação do carda de 1800 RPM na tomada de potência.

### 3.7.Distribuição dos coletores

As bandejas coletoras utilizadas para o experimento possuíam medidas de 500x500mm e foram dispostas no sentido transversal ao conjunto trator-distribuidor (Figura 4A), com a montagem de uma fileira para obtenção dos resultados de distribuição de cada passada/cruzada do conjunto trator-distribuidor (Figura 4B). Para comparação e média de valores obtidos, foram realizadas quatro coletas para cada teor de umidade, totalizando 12 vezes que o conjunto trator-distribuidor fez o trajeto.



**Figura 4** – Preparo e disposição dos coletores na área experimental.

*Autor: SOUZA, 2022.*

A largura avaliada para distribuição do equipamento foi de 16 metros, totalizando 16 coletores. Para a disposição dos coletores centrais, foram dispostas 2 bandejas encostadas e 1 metro de distância dos próximos coletores, tanto para a esquerda, quanto para a direita, para a livre passagem do rodado do trator, os demais coletores foram dispostos com espaçamento de 50 cm, totalizando 8 coletores para a esquerda e 8 para a direita.

### 3.8. Análise de granulometria

Com o objetivo de verificar a granulometria do calcário ao longo da faixa de aplicação, foi realizada a avaliação deste parâmetro em todas as bandejas de cada repetição, para cada teor de umidade. Essa avaliação teve como objetivo compreender por meio de resultados numéricos e percentuais como se dá a distribuição de cada tamanho de partícula do calcário na área avaliada. A análise foi realizada com o auxílio de peneiras com diferentes granulometrias, sendo elas de 0,84 mm, 0,27mm e peneira de fundo respectivamente que coleta partículas de tamanho inferior à 0,27 mm.

Vale destacar que o tamanho recomendado de menor granulometria seria de 0,3 mm, no entanto utilizou-se a peneira de 0,27 mm por ser a de malha mais próxima ao recomendado disponível no *Campus*.

Juntamente com as análises de granulometria (Figura 5) do calcário distribuído, também se analisou antes da distribuição (Tabela 5), para que fosse possível se ter conhecimento da quantidade e porcentagem de cada partícula para se comparar com os resultados de granulometria da distribuição. O peso utilizado totalizou 1 kg, que posteriormente foi peneirado (peneiras de 0,87 mm, 0,27 mm e <27 mm).

**Tabela 5**–Representação percentual do calcário utilizado no experimento.

Granulometria (mm)	Peso coletado (g)	Porcentagem (%)
0,84	80,2	8,04
0,27	294,22	29,53
< 0,27	622,12	62,43



**Figura 5**–Separação e pesagem dos diferentes tamanhos de partículas com a utilização de peneiras.

Autor: *SOUZA*, 2022.

### 3.9. Software Adulânço 3.1

Para a confecção de gráficos e tabelas para a apresentação dos resultados foi utilizado o software Adulânço 3.1 (Coelho J.L.D et al., 2015), que permite uma melhor visualização da distribuição possibilitando a formação de um desenho com distribuição longitudinal e transversal, além do fornecimento de gráficos de distribuição.

O manual de uso do software tem como intenção orientar o uso do programa para inclusão de dados e obtenção de resultados que auxiliam na definição da melhor condição de trabalho, especialmente de máquinas aplicadoras de fertilizantes e corretivos a lanço.

O procedimento normalmente utilizado para a determinação da largura efetiva de aplicadores a lanço baseia-se no coeficiente de variação (CV) (Coelho J.L.D et al., 2015).

Para tanto se realiza a simulação de recobrimentos sucessivos com os valores acumulados nos coletores e calcula-se o CV para cada situação de recobrimento simulado para a determinação da largura efetiva. Os valores de CV para as diferentes larguras efetivas simuladas podem ser então plotados. A relação entre um valor baixo de CV e um valor prático para a largura é que efetivamente deverá servir para a largura de trabalho a ser utilizada no campo (Coelho J.L.D et, al., 2015).

O Adulção 3.1 tem a função de interpolação, possibilitando que existam espaços vazios entre as bandejas, porém, é necessário que esses espaços tenham exatamente a largura de um múltiplo da largura das bandejas (Coelho J.L.D et, al., 2015).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a obtenção de resultados foram utilizados o peso total de calcário obtido em cada coletor e a granulometria do produto avaliada de forma individualizada ao longo da faixa de distribuição, com estes valores, foi possível realizar a avaliação do coeficiente de variação (CV%), massa coletada de calcário, granulometria na faixa de distribuição, bem como sua representação percentual, avaliação de dosagem e distribuição simulada. Ambas as avaliações serão apresentadas em forma de gráficos e tabelas, possibilitando maior compreensão e visualização da distribuição no que tange a sua massa e granulometria.

### 4.1. Análise do coeficiente de variação (CV%)

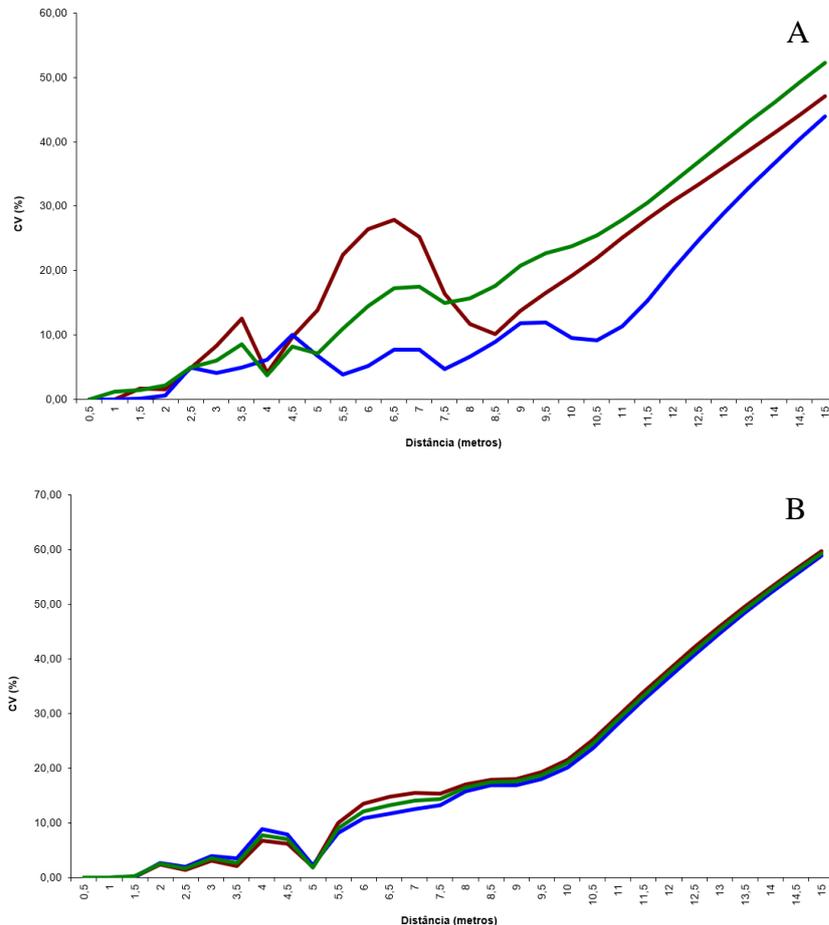
Para interpretação das massas de calcário obtidos nas bandejas coletoras em cada teor de umidade utilizou-se o coeficiente de variação, possibilitando verificar até qual distância seria respeitado o limite de CV% estipulado, buscando se obter uma distribuição com a menor variação possível e com largura de trabalho útil considerada eficiente para a distribuição, deste modo, o valor limite para o coeficiente de variação foi de 30%.

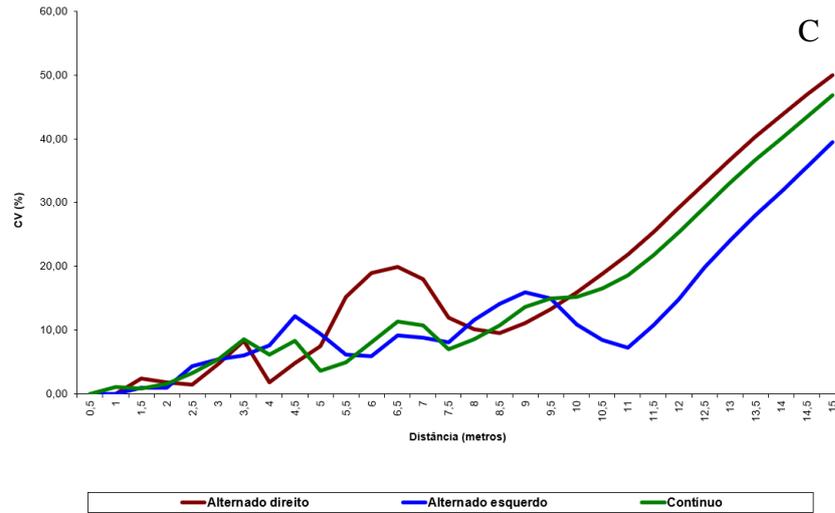
O comportamento do coeficiente de variação, apresentado nos gráficos que se seguem, para cada largura de trabalho e método de percurso simulado (contínuo e alternado), está expresso pela linha verde (sistema de percurso contínuo) que retrata o coeficiente de variação simulando a utilização do percurso fechando ou abrindo o quadro. A linha azul demonstra a variação do CV% com a sobreposição de lados esquerdos em uma aplicação com circuito “vai e vem”, já a linha vermelha retrata o mesmo, porém para as sobreposições de lado direito. Isso significa que no percurso “vai e vem” para uma máquina que apresenta assimetria na sua deposição, poderá resultar em largura de trabalho diferenciada entre idas e vindas. A largura de trabalho ideal (largura efetiva de trabalho) é aquela que, sendo a maior possível, apresenta um valor de CV% dentro do limite desejado (Coelho J.L.D et, al., 2015).

Observando o gráfico de CV% para o calcário seco (Figura 6A), pode-se constatar um aumento contínuo da variação de distribuição a partir dos 10 metros de distância, no entanto, a distribuição ultrapassa os 30% de CV% com 12 metros de distância.

Conforme Figura 6B, para o calcário com teor de umidade intermediário, o aumento constante do CV% inicia-se a partir dos 9 metros, com CV% limite de 30% aos 11 metros. O calcário úmido (Figura 6C) apresentou CV% superior a 30% com 12 metros, com aumento contínuo do CV% a partir dos 12 m. Pode-se observar semelhança entre a distribuição no modo alternado esquerdo e direito para o calcário intermediário, diferentemente do calcário seco e úmido, que apresentou variação considerável na distribuição do lado esquerdo em relação ao direito. Com relação à distância de acordo com o limite de CV% de 30%, os três teores de umidade não apresentaram diferenciação significativa.

**Figura 6** – Coeficiente de variação do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C) no lado esquerdo, direito e contínuo.





Autor: SOUZA, 2022.

Almeida (2018), concluiu que no perfil longitudinal de aplicação, quanto maior a distância do centro da faixa aplicada, maior foi o CV% da deposição do produto ao longo da passada. Os resultados concluídos pelo autor se assemelham aos resultados obtidos no presente trabalho, que também apresentaram um aumento do CV% à medida em que se distanciava dos coletores centrais.

A distribuição do calcário seco (Figura 7A), intermediário (Figura 7B) e úmido (Figura 7C), apresentou diferenciação com relação à dispersão de partículas, o calcário seco (Figura 7A) se assemelhou à fumaça, enquanto, os calcários intermediário e úmido reduziram tal característica à medida que se elevava o teor de umidade. O aspecto de maior dispersão de partículas do calcário seco se dá por conta do teor de umidade, de forma que, neste caso, o calcário sofre maior influência do vento, enquanto, os calcários com maior teor de umidade tiveram este efeito reduzido.





**Figura 7** – Distribuição do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C).

*Autor: SOUZA, 2022.*

#### 4.2. Avaliação da massa de calcário coletada nas bandejas

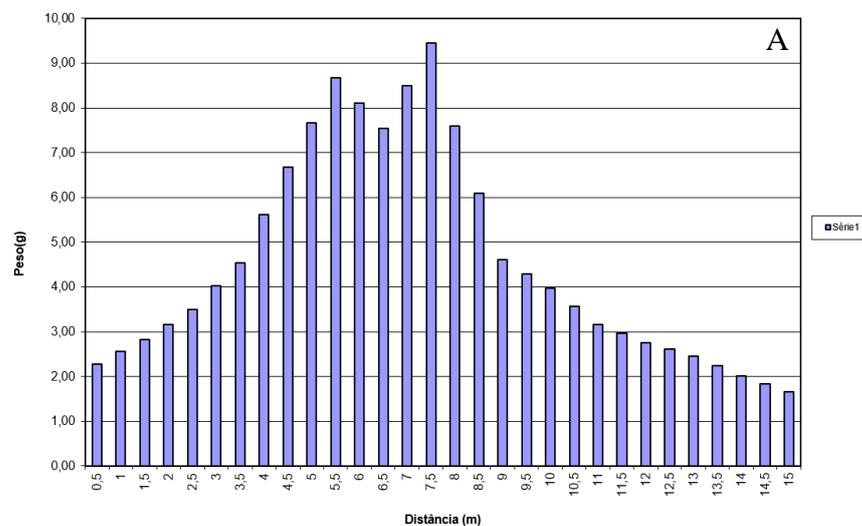
A avaliação da massa de calcário coletadas nas bandejas alternadas permite a observação de como se dá a distribuição na largura útil de trabalho, de forma a evidenciar os pontos onde ocorre a distribuição de maiores e menores doses de calcário, bem como os pontos onde se tem uma redução significativa na dosagem distribuída. O objetivo desta avaliação é constatar a simetria ou não entre os lados esquerdo e direito da distribuição, para

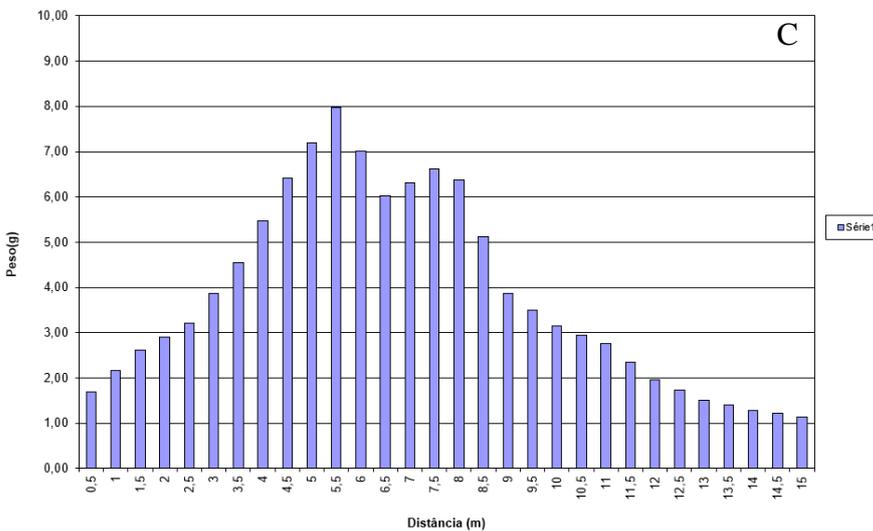
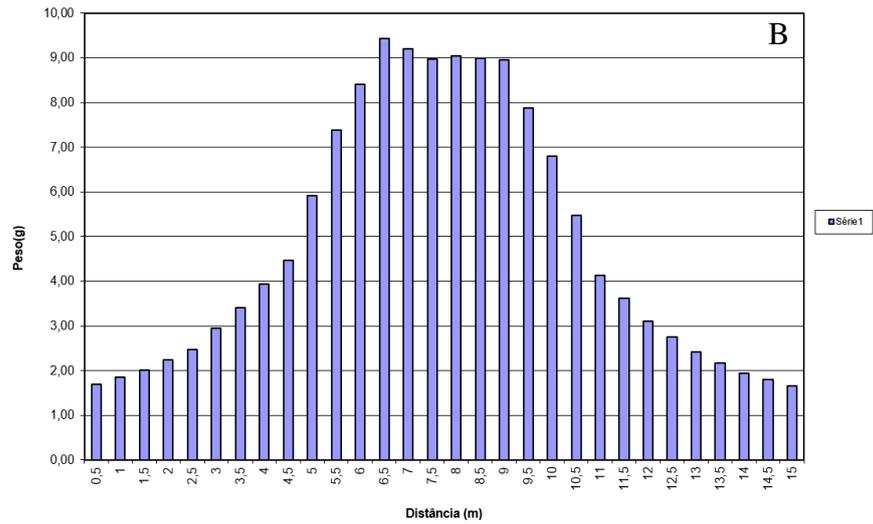
que posteriormente sejam corrigidas as irregularidades. A simetria existente entre os dois lados da deposição de produto poderá, inclusive, definir o percurso adequado para uma dada máquina. Para tal, pode ser feita uma análise visual do perfil gerado pelo Adulção 3.1 a partir do teste com os coletores (COELHO et al., 2015).

Observando a massa de calcário coletada nos três teores de umidade (Figura 8), pode-se observar que o calcário seco (Figura 8A) teve sua distribuição deslocada levemente para a esquerda, isso possivelmente ocorreu devido à influência do vento no momento de aplicação do calcário seco (Figura 8A). O calcário intermediário apresentou uma maior uniformidade de distribuição próximo ao conjunto trator-distribuidor (Figura 8B).

O calcário seco e intermediário apresentou maiores dosagens de distribuição nos coletores das extremidades, por outro lado o calcário úmido (Figura 8C) apresentou uma sutil redução de massa coletada nas bandejas centrais em relação às bandejas das extremidades, ao contrário dos calcários seco e intermediário, que apresentaram redução brusca (quanto em média) à medida que se avaliava os coletores mais afastados do conjunto trator-distribuidor. O calcário úmido (Figura 8C) apresentou menor peso coletado em todos os pontos avaliados, possivelmente isso ocorreu por conta da dificuldade de escoabilidade do calcário e sua adesão às paredes do distribuidor, sendo consequência da elevada umidade, que resultou em uma menor dosagem aplicada.

**Figura 8** – Massa de calcário coletada nas bandejas após a distribuição do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C).





Autor: SOUZA, 2022.

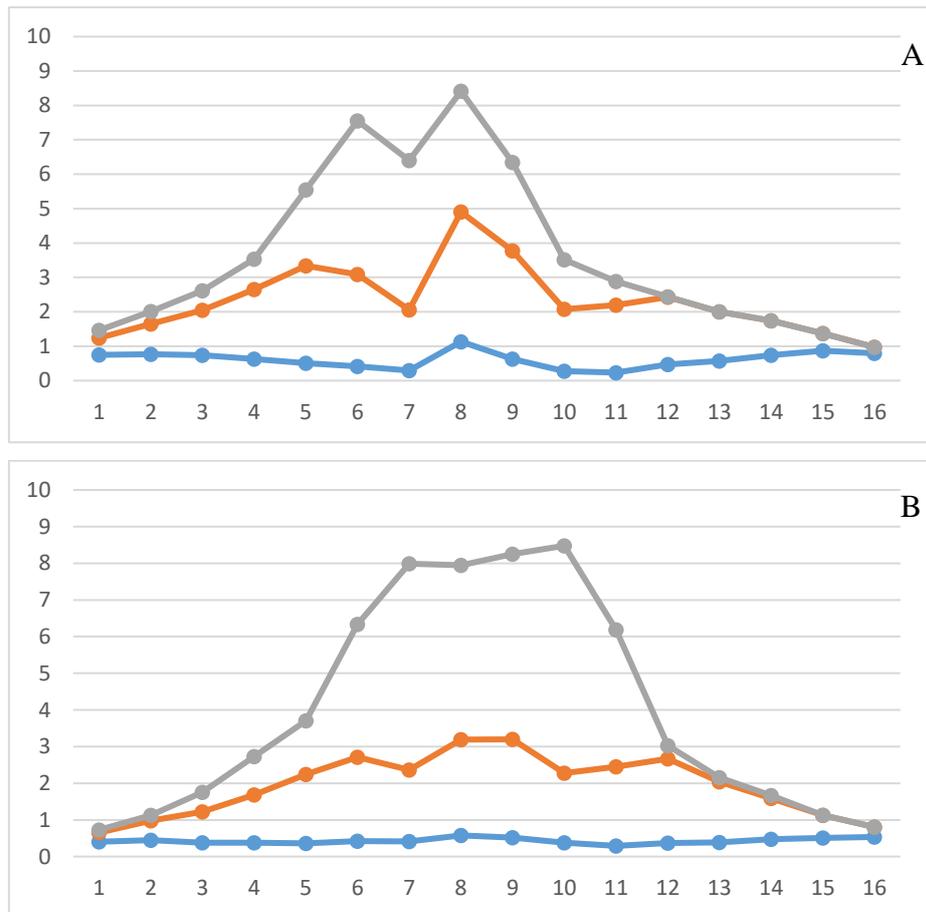
### 4.3. Granulometria do calcário na faixa de distribuição

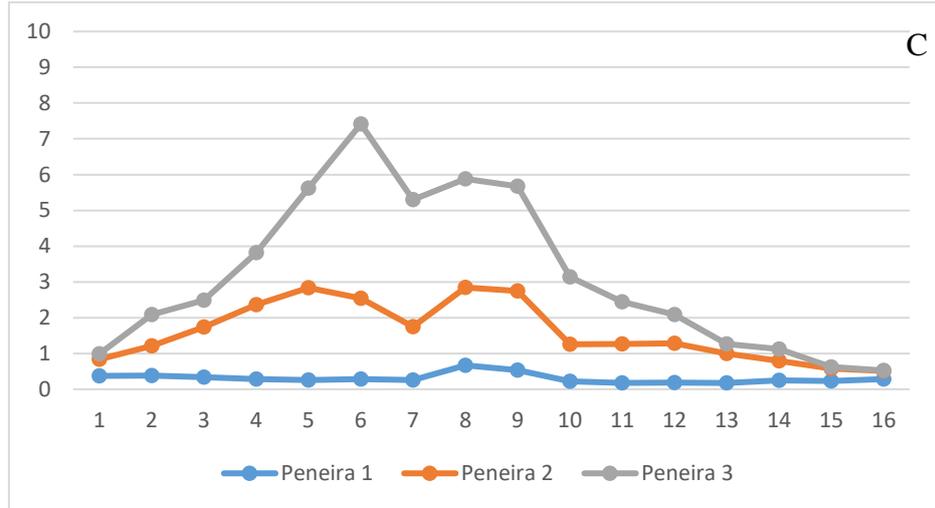
A granulometria do calcário na faixa de distribuição apresenta a quantidade coletada de cada tamanho de partícula avaliado nos coletores, de forma a avaliá-los na faixa de distribuição. Observa-se que, nos três teores de umidade, as partículas maiores foram espalhadas de forma constante em toda a faixa de distribuição, já as partículas menores, com granulometria inferior a 0,84 mm, apresentam maiores dosagens nos coletores centrais (Figura 9).

Vale destacar que a representação gráfica das partículas de menor granulometria se assemelha ao gráfico da massa de calcário coletada, tanto para o calcário seco quanto para o

intermediário e úmido, sendo que o eixo x representa os coletores, numerados do 1 ao 16, já o eixo y representa o peso coletado em gramas. As partículas retidas na peneira 2 (0,27 mm) apresentam praticamente a mesma característica de distribuição que as partículas menores, porém em menor massa, por conta da proporção inferior das partículas menores que 0,27 mm.

**Figura 9** – Granulometria do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C) retido na peneira 1 (0,84 mm), 2 (0,27 mm) e 3 (<0,27) em função da faixa de distribuição.





*Autor: SOUZA, 2022.*

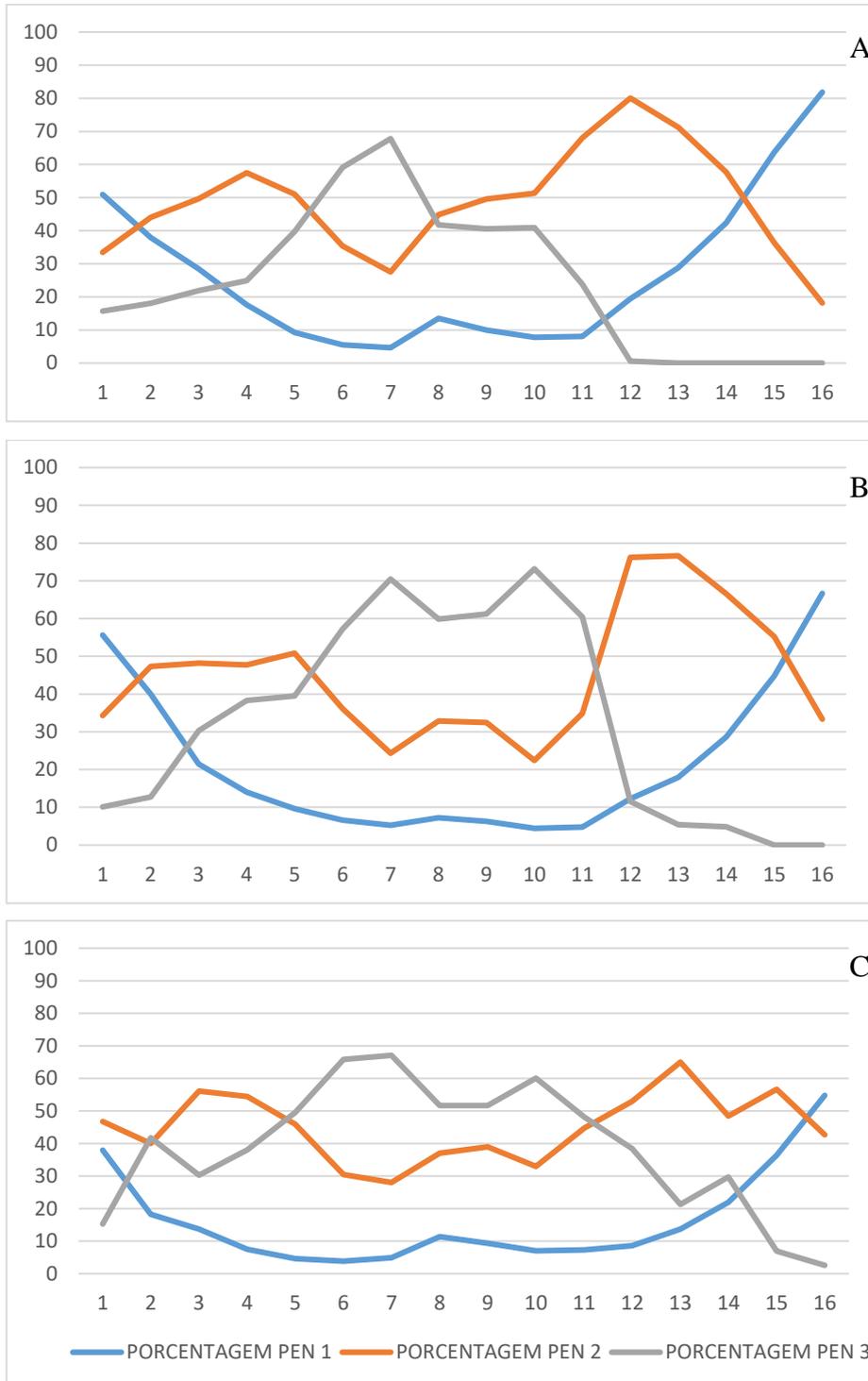
#### 4.4. Representação percentual de granulometria do calcário

A representação percentual de granulometria permite a comparação em porcentagem da massa de calcário coletado nas bandejas distribuídos entre os três tamanhos de peneira, de forma a constatar a quantidade representada em percentual para cada partícula na faixa de distribuição.

Observa-se que, nas extremidades da área avaliada, as partículas maiores possuem maiores porcentagens em relação ao valor total coletado nesta região, diferentemente dos coletores centrais, que possuem menores partículas ocupando maior porcentagem do volume coletado.

A linha azul representa partículas contidas na peneira com malha de 0,84 mm, a linha laranja apresenta o percentual de partículas contidas na peneira com malha de 0,27 mm e a linha cinza refere-se às partículas com tamanho inferior a 0,27 mm, ou seja, que foram coletadas na peneira de fundo. O eixo y representa a porcentagem ocupada por cada tamanho de partícula, enquanto o eixo x representa os coletores, numerados do 1 ao 16.

**Figura 10** – Representação percentual de granulometria do calcário seco (A), intermediário (B), úmido (C) coletado ao longo da faixa de distribuição.



Autor: SOUZA, 2022.

#### 4.5. Avaliação de dosagem do calcário

Para a avaliação da dosagem de calcário (kg/ha) para cada teor de umidade, utilizou-se a média dos dois coletores centrais e a média dos coletores das extremidades direita e esquerda, ou seja, para cada umidade de calcário foram calculadas as dosagens nas extremidades da faixa avaliada e entre os rodados do conjunto trator-distribuidor, permitindo a comparação da dosagem no centro da distribuição e nas extremidades, constatando uma diferença significativa na dose de calcário aplicada, como apresentado na tabela 6. Desta forma, é demonstrado que ocorre a necessidade da redução da largura útil até que seja obtida uma dosagem mínima estabelecida nas extremidades da faixa de trabalho do conjunto trator-distribuidor.

**Tabela 6** – Dosagem de calcário em cada teor de umidade do produto.

	<b>Dosagem coletada (kg/ha)</b>	
	<b>Coletores centrais</b>	<b>Coletores das extremidades</b>
<b>Calcário seco</b>	341,0	78,8
<b>Calcário intermediário</b>	360,4	67,0
<b>Calcário úmido</b>	259,6	56,6

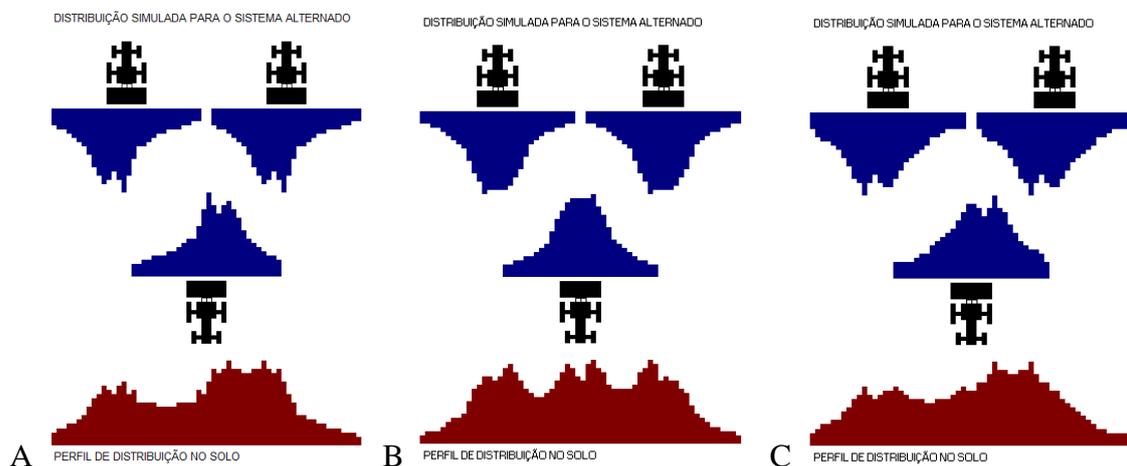
Em comparação, é possível constatar que o calcário úmido apresentou dosagem inferior em relação ao calcário seco e intermediário, que apresentaram variação menos significativa entre ambos. A dosagem inferior do calcário úmido pode ser justificada por conta da escoabilidade do insumo que foi comprometida, com maior adesão às paredes do equipamento, e que acarretou numa menor queda do produto nos discos de distribuição. A dosagem nos três teores de umidade foi baixa, em comparação ao que comumente se utiliza na distribuição do calcário, no entanto, vale ressaltar que para dosagens maiores, uma alternativa seria a redução da velocidade, uma vez que as comportas do distribuidor estavam reguladas na maior abertura máxima.

#### 4.6. Distribuição simulada

A função de distribuição simulada (Figura 11) do Software Adulanco 3.1 permite observar o perfil de distribuição de solo, exemplificando o trator e como seria representada a distribuição de calcário nos três teores de umidade, bem como a distribuição lado a lado utilizando a largura total coletada no experimento. Assim, são construídos os perfis com as sobreposições definidas nas larguras. Os altos e baixos serão tanto menores quanto menor for o CV selecionado para a respectiva largura efetiva (COELHO et al., 2015).

O objetivo da distribuição simulada é visualizar a passada do trator no sentido alternado (vai e vem), a fim de que ocorra a sobreposição da passada nas extremidades, ou seja, onde ocorre a distribuição de menores dosagens. Esta sobreposição permite a complementar os pontos com menor dosagem na faixa de distribuição, aumentando a uniformidade e eficiência na operação da calagem. Esta ferramenta permite observar o perfil de distribuição no solo a fim de compreender a sobreposição de passadas como uma ferramenta para se elevar a uniformidade da distribuição.

**Figura 11** – Distribuição simulada do calcário seco (A), intermediário (B) e úmido (C).



*Autor: SOUZA, 2022.*

## 5. CONCLUSÃO

O calcário seco, intermediário e úmido apresentaram diferenças na sua distribuição, sendo estas na sua dosagem, simetria entre lados esquerdo e direito e limites de CV%.

O calcário intermediário apresentou maior simetria entre os lados esquerdo e direito e maior uniformidade de distribuição na região central da largura de trabalho.

A distribuição do calcário de diferentes granulometrias sofreu interferências de acordo com o teor de umidade, sendo que quanto mais elevada a quantidade de água presente no calcário, a uma maior distância as partículas menores foram distribuídas.

As partículas coletadas na peneira de 0,84 mm apresentaram distribuição constante na faixa avaliada, enquanto partículas inferiores a 0,27 mm apresentaram distribuição em maiores doses nos coletores centrais.

## 6. REFERÊNCIAS

- Alcarde, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas por J.C. Alcarde. São Paulo, ANDA, 2005
- COOL, S.; PIETERS, J.; MERTENS, K.C.; HIJAZI, B.; VANGEYTE, J. A simulation of the influence of spinning on the ballistic flight of spherical fertilizer grains. *Computation electronic agricultural.*, 105, 121–131. 2014.
- DALLMEYER, A. U. Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição de calcário seco. 1985. 103 f. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1985.
- Farret, I. S.; Efeito da variação da regulagem no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos; Santa Maria, 2005.
- GANASCINI, D., et al. Avaliação transversal da faixa de distribuição de calcário em equipamentos a lança com taxa variável. In.: II Encontro Anual de Iniciação Científica Tecnológica e Inovação-EIACITI Ciências Agrárias: Engenharia Agrícola. 2016.
- INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 61, DE 08 DE JULHO DE 2020; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA.
- J. C Alcarde; METODOLOGIA OFICIAL DE ANÁLISES DE CORRETIVOS DE ACIDEZ; 2016.
- KOCH, D.W. & ESTES, G.O. Liming rate and method in relation to forage establishment — crop and soil chemical responses. *Agron.J.* v. 78, p. 567-571, 1986. LOPES, A.S. Uso de tecnologia moderna na preservação do meio ambiente. In: Simpósio Nacional do Setor de Fertilizantes, 1, São Paulo, Anais... São Paulo: ANDA, IBRAFOS, 1997.
- LUZ, P.H.D.C., et. al. Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. *International Plant Nutrition Institute: Informações Agronômicas*, Piracicaba, 28p. 2010.
- MAEDA, S.; KURIHARA, C.H.; HERNANI, L.C.; SILVA, W.M. Estudo dos materiais calcários usados como corretivos da acidez do solo em Mato Grosso do Sul. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1996.

MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722 p

MOLIN, J.P. Agricultura de Precisão. In: BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Agricultura de Precisão: boletim técnico. 2. ed. Brasília: Binagri, p.5-27. 2011.

MOLIN, J.P.; RUIZ, E.R.S. Validação de métodos simplificadores de determinação da largura efetiva para distribuidores de fertilizantes e corretivos. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. Anais..., Pelotas: SBEA, 1999.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNÁNZ, J.L. Técnica de la mecanización agraria. Madrid: Mundi-Prensa, 654p. 1989.

Primavesi, Ana Cândida. Características de corretivos agrícolas. / Ana Cândida Primavesi, Odo Primavesi. -- São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 28p.;

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J. & XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. Ci. Rural, 30:263-268, 2000.

RONQUIM, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8 ISSN 1806-3322. Campinas, 26p. 2010.

SILVA, P. E. H. Capacidade de trabalho e uniformidade de distribuição de dois distribuidores centrífugos de fertilizantes. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1982. 182 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVEIRA, G.M.; Máquinas Para Plantio e Condução das Culturas. Viçosa-MG. Editora Aprenda Fácil, 336 p. 2001.

SOUZA, J.M. Desempenho de um distribuidor centrífugo de disco na semeadura de arroz. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1984. 101 p. (Dissertação de Mestrado).

VALDEZ, E. Determinacion y estudio de los perfiles de distribucion de superfosfato, hiperfosfato y urea granulados, aplicados con la fertilizadora centrifuga. 2A-E- 400. Agrinter 14 (4): 01-42, 1978.