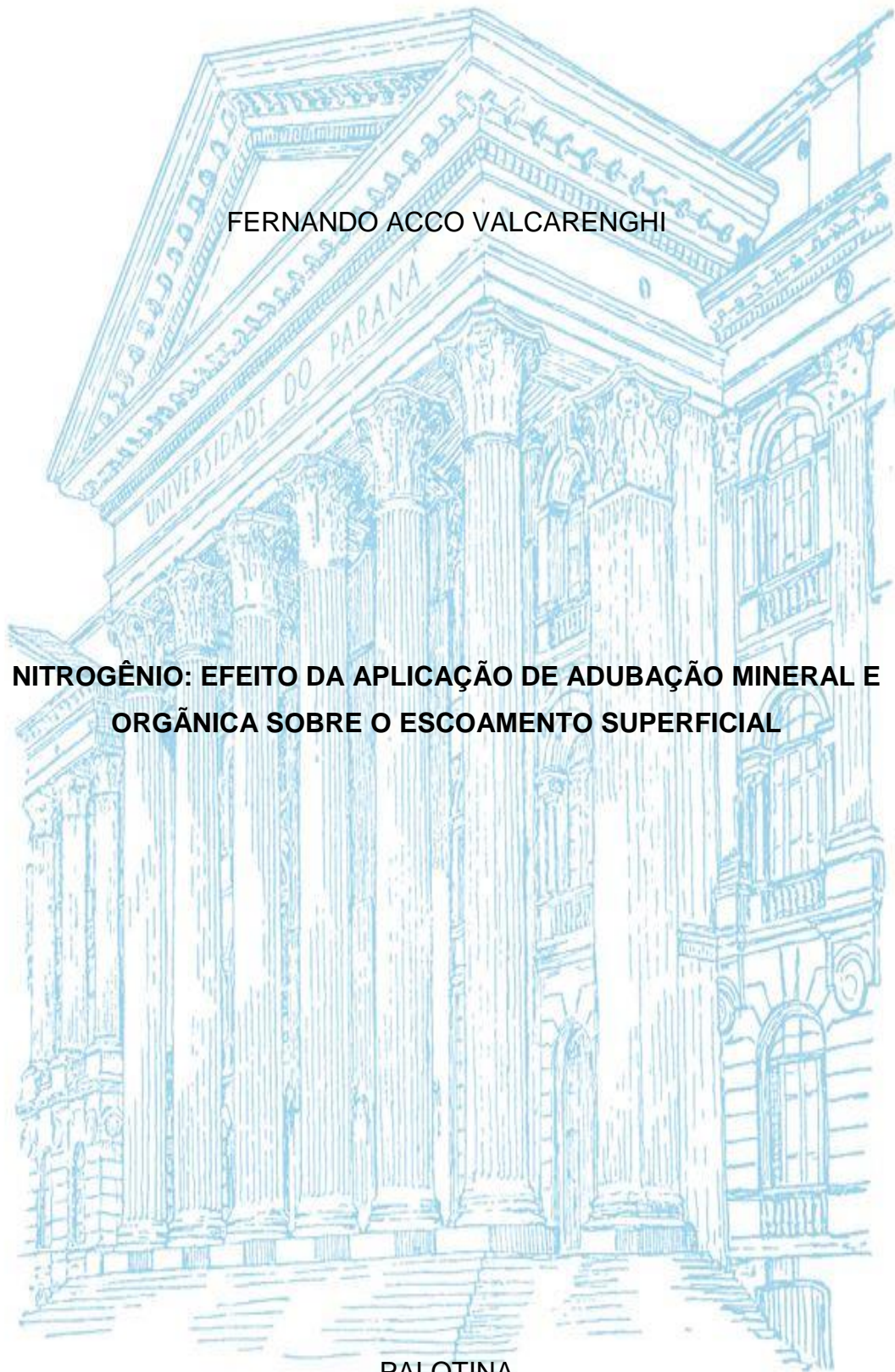


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO ACCO VALCARENGHI

**NITROGÊNIO: EFEITO DA APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO MINERAL E  
ORGÂNICA SOBRE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL**



PALOTINA

2017

FERNANDO ACCO VALCARENGHI

**NITROGÊNIO: EFEITO DA APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO MINERAL E  
ORGÂNICA SOBRE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, Curso de Agronomia no Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná.

Orientador (a): Prof. Dr. Jonathan Dieter

PALOTINA


2017

TERMO DE APROVAÇÃO

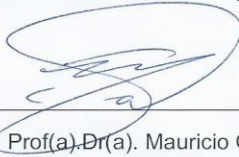
FERNANDO ACCO VALCARENGHI

**NITROGÊNIO: EFEITO DA APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANICA  
NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro(a)  
Agrônomo(a) no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca  
examinadora:



Prof(a). Dr(a). Jonathan Dieter  
Orientador - Departamento de Ciências Agrônômicas – UFPR Setor Palotina



Prof(a). Dr(a). Mauricio Guy de Andrade  
Departamento de Ciências Agrônômicas– UFPR Setor Palotina



Danielle Dutra Martinha  
Engenheira Agrônoma

Palotina, 15 de dezembro de 2017

*Família e amigos!*

*“Essencial”*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, o agradecimento para aquele que tudo torna possível. Deus, por cada momento de minha vida que está entregue a teus caminhos, onde foi me concebido mais uma conquista.

Ao meu orientador e amigo, Jonathan Dieter por fazer parte de minha formação, passando ensinamentos profissionais e de vida, demonstrando um carácter exemplar, paciência e atenção, que tornou possível o desenvolvimento deste trabalho, um amigo para toda vida.

A todos professores que fizeram parte da minha formação acadêmica, que de alguma forma me passaram conhecimento e exemplos a serem seguidos.

A todos meus amigos, que me apoiaram, e sempre estiveram presentes no meu dia a dia, tornando meus dias melhores.

A todos funcionários da Universidade Federal do Paraná, que tornam possível a realização de sonhos.

E a todos que auxiliaram no desenvolvimento deste projeto, a todos meus sinceros e verdadeiros agradecimentos.

## RESUMO

A suinocultura se tem como destaque na região oeste do Paraná, pela intensa atividade e incentivo comercial, e com a elevada atividade tem chamado atenção na questão dos impactos causados pela suinocultura, onde essa atividade provoca alta geração de dejetos. Os dejetos, por facilidade operacional e baixo custo, em sua maioria são utilizados como alternativa e incremento a fertilização mineral, porém a região apresenta clima Cfa - Clima subtropical úmido e terrenos com certa declividade, potencializando o arraste de nitrogênio na solução escoada superficialmente. O projeto teve como objetivo avaliar, o comportamento do nitrogênio presente na solução escoada em meio a cultura do milho. Foram avaliadas a aplicação de adubação mineral (ADM) e ARS em solo conduzido com plantio direto em diferentes declividades (i) e submetido à simulação de variadas intensidades de chuva (Ip). O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, no período de 2013-2014, onde o solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho distroférico. As taxas utilizadas de ARS foram: (0, 75; 150; 225 e 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e as doses de ADM (0%, 25%, 50%, 75% e 100% do recomendado para a cultura) em parcelas de solo com área de 0,70 m<sup>2</sup> e diferentes declividades (i) (4, 9, 14, 19 e 24 %) cultivadas com milho, e após foi submetido à simulação da Ip (45, 60, 75, 90 e 105 mm h<sup>-1</sup>) avaliando os resultados em 3 diferentes períodos, 24, 48 e 72 minutos. No projeto, foi utilizado o delineamento composto central rotacional (DCCR), em um planejamento fatorial completo 2<sup>4</sup>, para avaliar o transporte de Nitrogênio Total. Resultados: O Nt total encontrado na solução escoada, teve relação direta com a quantidade de ARS e declividade em ambos os tempos de coleta, sendo que houve uma estabilização na quantidade de Nt coletado conforme o tempo era aumentado.

Palavras-chave: Escoamento superficial, água residuária de suinocultura, nitrogênio.

## ABSTRACT

Swine breeding is prominent in the western region of Paraná, due to the intense activity and commercial incentive, and the high activity has pointed attention to the issue of the impacts caused by swine breeding, where this activity causes high production of waste. The waste, due to its ease of operation and low cost, are mostly used as an alternative to increase mineral fertilization, but the region presents a subtropical Cfa - Climate humid climate and steep terrains, potentiating the nitrogen drag in the solution drained superficially. The objective of this project was to evaluate the behavior of the nitrogen present in the solution drained in a corn field. The application of mineral fertilization (ADM) and ARS in no - tillage conducted in different slopes (i) and submitted to the simulation of varied rain intensities (Ip) were evaluated. The experiment was conducted at the Federal University of Paraná - Palotina Sector, in the between of 2013-2014, where the soil used is classified as a Red Latosol (Dystroferric). The rates of ARS were: (0, 75, 150, 225 and 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) and the doses of ADM (0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the recommended crop) (i) (4, 9, 14, 19 and 24%) cultivated with corn, were submitted to the simulation of Ip (45, 60, 75, 90 and 105 mm h<sup>-1</sup>) evaluating the results in 3 different periods, 24, 48 and 72 minutes. At the beginning of the runoff, the Ipwas simulated for a period of 24 min, 48min and 72min. In the project, the central rotational compound design (DCCR) was used, in a complete factorial design 24, to evaluate the Total Nitrogen transport. Results: The total Nt found in the solution was directly related to the amount of ARS and slope in both collection times, and there was a stabilization in the amount of Nt collected as the time was increased.

Key words: Surface runoff, swine wastewater, nitrogen.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1- GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO DE 24 MINUTOS .....	21
GRÁFICO 1 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE $N_t$ NO PERÍODO DE 24 MINUTOS EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i) .	23
GRÁFICO 2 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO DE 48 MINUTOS.....	25
GRÁFICO 4 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE $N_t$ NO PERÍODO DE 48 MINUTOS EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i) .	27
GRÁFICO 5 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO DE 72 MINUTOS .....	28
GRÁFICO 6 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE $N_t$ NO PERÍODO DE 72 MINUTOS EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i) .	30
FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PALOTINA, NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.....	15
FIGURA 2 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENÇÃO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO. (A) ÁREA ÚTIL DE EXPERIMENTAÇÃO; (B) COLETOR DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL GERADO EM “A”; (C) LOCAL DE COLETA DO LIXIAVIDO; (D) SISTEMA DE INCLINAÇÃO DO SOLO .....	16
FIGURA 3 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENÇÃO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO PREENCHIDO COM SOLO, PEDRA BRITA E MANTA BIDIM.....	17



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - FATORES DE ESTUDO.....	13
TABELA 2 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO DEFININDO OS NÍVEIS ESTABELECIDOS (VARIÁVEIS CODIFICADAS) E SEUS VALORES CORRESPONDENTES (VARÁVEIS REAIS) PARA OS QUATRO FATORES ESTUDADOS.....	13
TABELA 3 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO COMPLETO 2 <sup>4</sup> COM OS VALORES REAIS DOS FATORES INDEPENDENTES: ARS, ADM,lp e i.....	14
TABELA 4 - PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO .....	15
TABELA 5 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS) APLICADO AO SOLO .....	18
TABELA 6 - PLANEJAMENTO COMPLETO COM OS 24 VALORES REAIS E CODIFICADOS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES: ARS, ADM,IP E I, E COM AS SUAS RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DE NT ENCONTRADAS .....	20
TABELA 7 – MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE N <sub>t</sub> NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO DE 24 MINUTOS.....	22
TABELA 8 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE NT NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO 48 MINUTOS.....	26
TABELA 9 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE NT NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO 72 MINUTOS.....	29

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA</b> .....	10
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	12
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	12
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	13
3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	13
3.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	14
3.3 IMPLANTAÇÃO E REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS .....	16
3.4 MÉTODOS ANALÍTICOS .....	19
3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	19
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
4.1 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO TOTAL NO ESCOAMENTO DE 24 MINUTOS .....	21
4.2 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO TOTAL NO ESCOAMENTO DE 48 MINUTOS .....	24
4.3 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO TOTAL NO ESCOAMENTO DE 72 MINUTOS .....	28
4.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL .....	31
4.5 ESTIMATIVAS DOS EFEITOS LINEARES DOS FATORES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE NITROGENIO TOTAL OBTIDO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	31
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	33
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	34

## 1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A atividade agrícola vem crescendo fortemente nos últimos anos, e com o mesmo crescimento, a produtividade das culturas, fazendo com que, ocorra uma alta demanda de manejos e principalmente de nutrientes no solo, fornecidos por adubação mineral e orgânica. Os fertilizantes orgânicos mais utilizados são os dejetos de animais, pois é uma forma de eliminá-los trazendo fertilidade ao solo. Um exemplo disso é a água residuária de suinocultura (ARS) gerada em grande quantidade em confinamentos (ABOUELENIEN et al., 2014). Desta forma, o destino dos dejetos de suinocultura apresenta-se como uma alternativa de fertilizante do solo de baixo custo, resultando em benefícios, pois são fontes de nutrientes e melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo (SEGANFREDO, 2013). A disponibilidade de nutrientes que a ARS fornece é muito ampla, pois ela apresenta nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, cobre, zinco, ferro e outros, o que permite a redução da utilização de fertilizantes sintéticos (VIELMO, 2008).

Dentre estes nutrientes, destaca-se o nitrogênio, o qual é essencial para o desenvolvimento das gramíneas, assim se tornando um fator limitante no desenvolvimento e produtividade, devido à falta e excesso do mesmo (POLETTTO, 2004). Os materiais que dão origem ao nitrogênio na ARS são as fezes, ração e urina, que durante o período de estabilização dos dejetos, o nitrogênio orgânico sofre oxidação anaeróbica, assim se transformando em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Outra forma que o nitrogênio se encontra na ARS é na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mas em menor quantidade em comparação ao nitrogênio na forma de amônio (MIYAZAWA e BARBOSA, 2015).

A aplicação de dejetos é uma maneira de fornecer nutrientes e elementos que auxiliam na ciclagem de nutrientes, mas quando esses dejetos aplicados na superfície do solo, eles ficam expostos a fatores bióticos do ambiente, e tendo como principal problema para o meio de cultivo, o escoamento superficial, que carregam nutrientes juntos a água proveniente de precipitações pluviais, e que quando associadas a terrenos com declive, tem esse escoamento ampliado. Segundo Carreta et al, (2005) é possível haver perdas de 25 a 50% de nitrogênio contido na (ARS) devido ao escoamento superficial provocado por

chuvas intensas e sucessivas, onde essa perda varia de acordo com a dose de dejetos aplicada e precipitações. A lixiviação é a principal forma de transporte do  $\text{N-NO}_3^-$  para a água, sendo que o  $\text{N-NH}_4^+$  em comparação ao  $\text{N-NO}_3^-$  é menos afetado pelo processo de lixiviação (MENEZES et al., 2015).

Devido ao processo de lixiviação e a quantidade de nitrogênio no solo, devido as adubações químicas e orgânicas, que, elevam os teores do nutriente, podem trazer problemas ambientais, como, a contaminação de lençóis freáticos, pois são os receptores finais da água lançada no solo, em caso de irrigação ou precipitação pluviométrica (SILVA et al., 2007)

O escoamento superficial que influencia diretamente na lixiviação do nitrogênio, é influenciado pela precipitação, que tem como destaque duas características: intensidade e duração. Quanto maior for a intensidade, o solo atingirá sua capacidade de infiltração mais rapidamente, e quanto maior for a duração, haverá maior oportunidade de escoamento. Outros fatores que influenciam o escoamento superficial são os fisiográficos, que englobam a área, permeabilidade, capacidade de infiltração, forma e topografia da bacia (CARVALHO e SILVA, 2006).

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (CONAMA, 2005) onde foram aplicados a este projeto para avaliar as condições do escoamento superficial.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo avaliar a concentração de nitrogênio total na solução escoada devido ao escoamento superficial, ocorrido em solo sob condições de chuva simulada e inclinações variadas, após adubação mineral e aplicação de água residuária de suinocultura.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Avaliar a concentração de nitrogênio total (Nt) na solução escoada em 3 períodos: 24, 48 e 72 minutos.
- Analisar a solução escoada de acordo com a legislação.
- Avaliar o efeito dos fatores independentes sobre as concentrações de transporte do Nitrogênio total (Nt) na solução escoada.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para o estudo da influência dos fatores (TABELA 1) sobre a transferência de nitrogênio junto a solução escoada na superfície, utilizou-se um delineamento composto central rotacional (DCCR) (HAALAND, 1989), em um planejamento fatorial completo  $2^4$ , com pontos axiais ( $\alpha = (2^n)^{1/4}$ ).

TABELA 7 - FATORES DE ESTUDO.

Fatores:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Água residuária da suinocultura (ARS)</li> <li>• Adubação mineral (ADM),</li> <li>• Intensidade de precipitação simulada (Ip)</li> <li>• Declividade do solo (<i>i</i>)</li> </ul>

Na Tabela 2 encontra-se a matriz do planejamento com os níveis adotados e na Tabela 3 a matriz do planejamento completo  $2^4$ , com os valores dos fatores independentes dos 28 ensaios realizados.

TABELA 8 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO DEFININDO OS NÍVEIS ESTABELECIDOS (VARIÁVEIS CODIFICAS) E SEUS VALORES CORRESPONDENTES (VARÁVEIS REAIS) PARA OS QUATRO FATORES ESTUDADOS.

Fatores	Níveis				
	-2 ( $\alpha$ )	-1	0	1	+2 ( $\alpha$ )
ARS ( $m^3 ha^{-1}$ )	0	75	150	225	300
ADM (%)	0	25	50	75	100
Ip ( $mm h^{-1}$ )	45	60	75	90	105
<i>i</i> (%)	4	9	14	19	24

( $\alpha$ ): Pontos axiais calculado por  $\alpha = (2^n)^{1/4}$ , com  $n=4$

TABELA 9 - MATRIZ DO PLANEJAMENTO COMPLETO 2<sup>4</sup> COM OS VALORES REAIS DOS FATORES INDEPENDENTES: ARS, ADM lp e i.

Ensaio	ARS	ADM	lp	i	Ensaio	ARS	ADM	lp	i
	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	% (kg ha <sup>-1</sup> )	mm h <sup>-1</sup>	(%)		(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) (kg ha <sup>-1</sup> )	% (kg ha <sup>-1</sup> )	mm h <sup>-1</sup>	(%)
1 <sup>1</sup>	75 (24,15)	25 (180)	60	9	15 <sup>1</sup>	75 (24,15)	75 (540)	90	19
2 <sup>1</sup>	225 (72,45)	25 (180)	60	9	16 <sup>1</sup>	225 (72,45)	75 (540)	90	19
3 <sup>1</sup>	75 (24,15)	75 (540)	60	9	17 <sup>2</sup>	150 (48,30)	50 (360)	75	14
4 <sup>1</sup>	225 (72,45)	75 (540)	60	9	18 <sup>2</sup>	150 (48,30)	50 (360)	75	14
5 <sup>1</sup>	75 (24,15)	25 (180)	90	9	19 <sup>2</sup>	150 (48,30)	50 (360)	75	14
6 <sup>1</sup>	225 (72,45)	25 (180)	90	9	20 <sup>2</sup>	150 (48,30)	50 (360)	75	14
7 <sup>1</sup>	75 (24,15)	75 (540)	90	9	21 <sup>3</sup>	0 (0)	50 (360)	75	14
8 <sup>1</sup>	225 (72,45)	75 (540)	90	9	22 <sup>3</sup>	300 (96,60)	50 (360)	75	14
9 <sup>1</sup>	75 (24,15)	25 (180)	60	19	23 <sup>3</sup>	150 (48,30)	0 (0)	75	14
10 <sup>1</sup>	225 (72,45)	25 (180)	60	19	24 <sup>3</sup>	150 (48,30)	100 (720)	75	14
11 <sup>1</sup>	75 (24,15)	75 (540)	60	19	25 <sup>3</sup>	150 (48,30)	50 (360)	45	14
12 <sup>1</sup>	225 (72,45)	75 (540)	60	19	26 <sup>3</sup>	150 (48,30)	50 (360)	105	14
13 <sup>1</sup>	75 (24,15)	25 (180)	90	19	27 <sup>3</sup>	150 (48,30)	50 (360)	75	4
14 <sup>1</sup>	225 (72,45)	25 (180)	90	19	28 <sup>3</sup>	150 (48,30)	50 (360)	75	24

<sup>1</sup>: ensaios fatoriais; <sup>2</sup>: ensaios centrais; <sup>3</sup>: ensaios axiais;

### 3.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado na Universidade Federal do Paraná – Campus Palotina - PR, com latitude 24° 17' 36"S, longitude 53° 50' 26" W e altitude de 348 m. O clima da região é caracterizado como subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Koppen, apresentando verões quentes e invernos frios ou amenos. A temperatura e a pluviosidade anual média do município de Palotina são de 21°C e de 1500 milímetros, respectivamente (PEDRON, 2013).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRABA, 2013). Inicialmente, o solo foi caracterizado de 0-0,20 m de

profundidade para caracterização físico-química, apresentando 67 % de argila, 17 % de silte e 16% de areia. As propriedades químicas são apresentadas na Tabela 4:

TABELA 10 - PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.

Parâmetro	pH	CE	MO	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> :	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC
	H <sub>2</sub> O	μS.cm <sup>-1</sup>	g dm <sup>-1</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
Média*	5.875	307	23.5	38	56.2	15	3.1	74.8	112.8
DP	±0.18 g	±42.7	±3.7	±4.7	±14.6	±4.1	±0.9	±18.7	±15.97
Parâmetro	V	Mn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	B	N	P	S
	%	----- mg dm <sup>-3</sup> -----							
Média*	65	127	9.35	23	6.1	0.35	1505	55.3	4.5
DP	±8.3	±5.9	±1.1	±3.3	±1.2	±0.03	±265	±15.2	±1.732

Protocolos de EMBRAPA (1997), TEDESCO et al. (1995) e RAIJ et al. (2001). P, K<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> e Mn: extrator Mehlich-1; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>: KCl 1 M. \* médias (n=4); DP: Desvio Padrão; pH: (H<sub>2</sub>O); CE: Condutividade elétrica; M.O: Matéria Orgânica; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: Hidrogênio+alumínio (acidez trocável); Ca<sup>2+</sup>: Cálcio; Mg<sup>2+</sup>: Magnésio; K<sup>+</sup>: Potássio; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação de bases; Mn<sup>2+</sup>: Manganês; Cu<sup>2+</sup>: Cobre; Fe<sup>2+</sup>: Ferro; Zn<sup>2+</sup>: Zinco; B: Borro N: Nitrogênio total; P: Fósforo; S: Enxofre;

FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PALOTINA, NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.



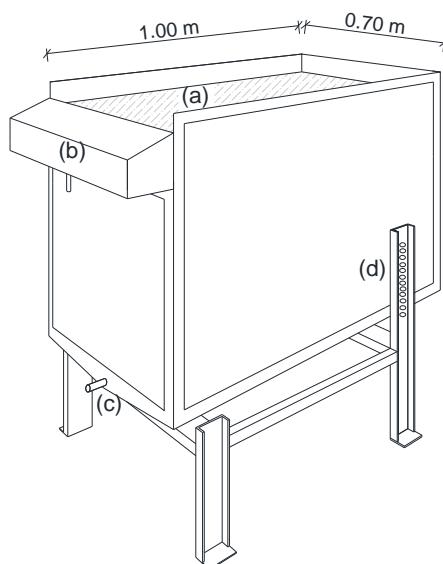
FONTE: IPARDES (2016).



### 3.3 IMPLANTAÇÃO E REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

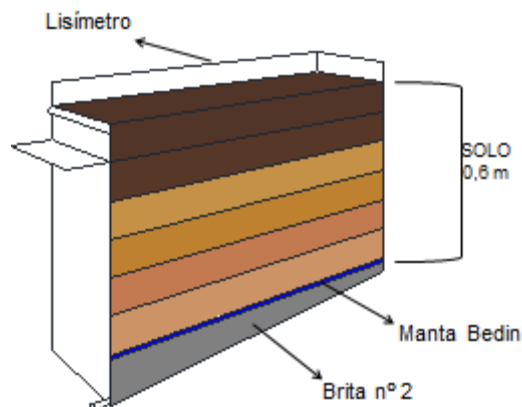
Utilizaram-se 28 lisímetros em polietileno rotomoldado e sustentados por uma estrutura metálica com regulagem de inclinação da superfície do solo, possibilitando a coleta do escoamento superficial e material lixiviado. A área superficial superior do lisímetro e de coleta de escoamento superficial é igual a  $0,7 \text{ m}^2$  ( $0,70 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}$ ). A profundidade do solo é de  $0,6 \text{ m}$ . O fundo de cada lisímetro possui inclinação de  $5\%$  (FIGURA 2).

FIGURA 5 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENÇÃO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO. (A) ÁREA ÚTIL DE EXPERIMENTAÇÃO; (B) COLETOR DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL GERADO EM "A"; (C) LOCAL DE COLETA DO LIXIATIVO; (D) SISTEMA DE INCLINAÇÃO DO SOLO.



Ao fundo dos lisímetros foram depositadas uma camada com pedras, lavadas com solução de  $\text{HCl } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ , seguido por uma manta filtrante (Bidim). Para enchimento dos lisímetros utilizou-se solo de área agrícola conduzida sob sistema de plantio direto e manteve-se a densidade e ordem natural do solo (FIGURA 3). Após a montagem manteve-se em repouso por 6 meses.

FIGURA 6 - LISÍMETRO DE DRENAGEM SUSPENÇÃO COM COLETA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL E LIXIVIADO PREENCHIDO COM SOLO, PEDRA BRITA E MANTA BIDIM.



No período de fevereiro de 2013 cultivou-se milho (*Zeamays*) sob restos culturais de soja (*Glicinemax*), cultura anterior. Dessa forma, o presente estudo é o segundo ciclo de avaliação. Utilizou-se o híbrido 30A37 Hx RR da Morgan Sementes e Biotecnologia, com espaçamento de 0,5 m entre linha, semeadura de quatro sementes por metro linear, com adubação de base de 720 kg (considerado 100% do recomendado) do fertilizante mineral 10-15-15. Acompanhou-se todo o desenvolvimento da cultura e realizaram-se tratamentos fitossanitários, sempre que necessário.

Foram utilizadas 5 dosagens de residuária da suinocultura (ARS) (0, 75, 150, 225 e 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), aplicando-as sem que houvesse escoamento superficial. A caracterização físico-química da ARS está apresentada na Tabela 5.

TABELA 11 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS) APLICADO AO SOLO.

Nome	Unidade	Valor
pH		7.7
C. Elétrica	$\mu\text{S m}^{-1}$	7520
C. Org. Total	$\text{mg L}^{-1}$	1590
N total	$\text{mg L}^{-1}$	1147
Fósforo	$\text{mg L}^{-1}$	156
Potássio	$\text{mg L}^{-1}$	510
Cálcio	$\text{mg L}^{-1}$	192
Magnésio	$\text{mg L}^{-1}$	78
Enxofre	$\text{mg L}^{-1}$	59
Sódio	$\text{mg L}^{-1}$	560
Boro	$\text{mg L}^{-1}$	0.9
Cobre	$\text{mg L}^{-1}$	2.9
Manganês	$\text{mg L}^{-1}$	2.1
Zinco	$\text{mg L}^{-1}$	19.6
Ferro	$\text{mg L}^{-1}$	15.7

Metodologia de determinação APHA (1995)

Avaliou-se a transferência de nitrogênio total na solução escoada em três períodos de tempo de coleta, sendo 24 minutos a, 48 minutos e 72 minutos.

Realizou-se os ensaios, descritos na Tabela 3, nas seguintes etapas:

1) Pré-molhamento: 240 minutos antes do início da simulação da Ip, visando aumentar a umidade do solo, e, antes de iniciar o escoamento superficial regou-se de forma manual 40mm.

2) Semeadura e aplicação da dose de ADM: 40 minutos antes do início da simulação da Ip.

3) Aplicação da ARS: De forma manual, 30 minutos antes do início da simulação da Ip.

4) Simulação da Ip: Iniciou-se a simulação, 30 minutos após a aplicação de ARS através do simulador InfiAsper/UFMS (ALVES SOBRINHO et al., 2008), operando a pressão de 5 Psi, e previamente calibrado na lâmina desejada. A Ip foi simulada por um período de 72 minutos após o início do escoamento

superficial, sendo retirada uma amostra do volume total da solução escoada para determinação do Nitrogênio total.

### 3.4 MÉTODOS ANALÍTICOS

O N total foi determinado nas amostras brutas em analisador de Carbono Orgânico Total (TOC).

### 3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

A análise da superfície de resposta tem como base o método de planejamento fatorial que consiste num grupo de técnicas usadas para o estudo das relações entre a resposta medidas analiticamente e um número de variáveis de entrada que possam ser controladas. Análise de significância foi realizada através do gráfico de Pareto ao nível de 5% de significância, sobre a resposta Nt, determinando-se quais fatores independentes seriam utilizados no ajuste do modelo de regressão linear para correlacionar os fatores independentes significativos com as variáveis respostas resposta. Os coeficientes significativos do modelo foram avaliados por meio do teste "F", sendo apenas considerados os modelos os significativos ao nível de 5%. A estimativa dos efeitos lineares foi obtida pelo software STATISTICA, da STATSOFT™.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 6 contém as concentrações do Nt ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para os três períodos de avaliação.

TABELA 12 - PLANEJAMENTO COMPLETO COM OS VALORES REAIS E CODIFICADOS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES: ARS, ADM, IP E I, E COM AS SUAS RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DE NT ENCONTRADAS.

Ensaio	Reais				Codificados				Nt		
	ARS	ADM	Ip	I	ARS	ADM	Ip	I	24 min	48 min	72 min
25	150	50	45	14	0	0	-2	0	25.6	11.92	7.04
1	75	25	60	9	-1	-1	-1	-1	4.33	3.26	2.77
2	225	25	60	9	1	-1	-1	-1	16.16	9.02	4.21
3	75	75	60	9	-1	1	-1	-1	4.98	3.76	3.51
4	225	75	60	9	1	1	-1	-1	13.47	9.54	3.74
9	75	25	60	19	-1	-1	-1	1	14.63	8.63	6.11
10	225	25	60	19	1	-1	-1	1	20.92	9.18	6.56
11	75	75	60	19	-1	1	-1	1	9.19	4.65	3.46
12	225	75	60	19	1	1	-1	1	23.08	11.44	8.54
18	150	50	75	14	0	0	0	0	20.08	8.75	7.2
22	300	50	75	14	2	0	0	0	47.07	13.61	8.54
19	150	50	75	14	0	0	0	0	28.5	10.3	9.88
20	150	50	75	14	0	0	0	0	22.28	9.56	7.03
27	150	50	75	4	0	0	0	-2	7.89	5.75	4.18
17	150	50	75	14	0	0	0	0	19.45	12.39	5.68
21	0	50	75	14	-2	0	0	0	2.32	2	1.8
28	150	50	75	24	0	0	0	2	18.84	9.67	6.12
23	150	0	75	14	0	-2	0	0	31.42	9.77	6.21
24	150	100	75	14	0	2	0	0	25.54	10.51	7.11
13	75	25	90	19	-1	-1	1	1	15.45	5.98	4.15
14	225	25	90	19	1	-1	1	1	25.69	9.62	6.6
15	75	75	90	19	-1	1	1	1	13.78	6.43	4.57
16	225	75	90	19	1	1	1	1	26.93	9.86	7.74
5	75	25	90	9	-1	-1	1	-1	10.41	5.07	3.89
6	225	25	90	9	1	-1	1	-1	20.38	6.54	4.19
7	75	75	90	9	-1	1	1	-1	10.51	5.83	3.89
8	225	75	90	9	1	1	1	-1	26.64	9.6	6.49
26	150	50	105	14	0	0	2	0	24.27	8.11	5.6

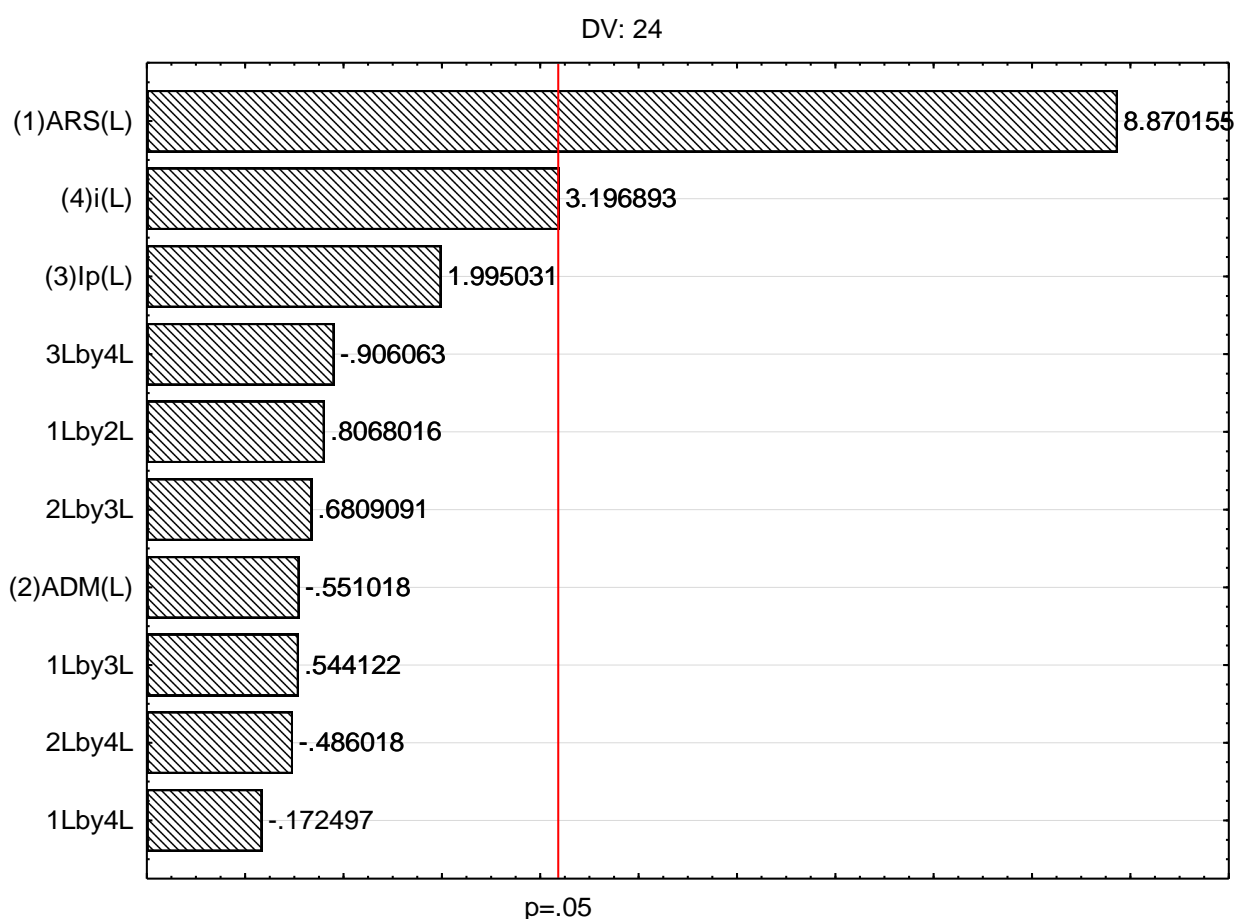
ARS:  $\text{m}^3 \text{há}^{-1}$ ; ADM: %; Ip  $\text{mm h}^{-1}$ ; i: %; Nt:  $\text{mg L}^{-1}$ ;

#### 4.1 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO TOTAL NO ESCOAMENTO DE 24 MINUTOS

A seguir serão apresentados os resultados do nitrogênio total (Nt) na solução escoada durante o período de análise de 24 minutos e sua análise estatística.

As análises de significância dos fatores independentes foram realizadas através do gráfico de Pareto ao nível de 5% de significância representada no (GRÁFICO 1).

GRÁFICO 3 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO DE 24 MINUTOS.



Para a construção dos modelos de regressão linear múltipla foram utilizados apenas os fatores que obtiveram interações ( $p \geq .05$ ). De acordo com

o gráfico, foram significativos os fatores ARS ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) e  $i$  (%), e apenas estes foram utilizados para o modelo.

Na tabela 7, são apresentados os dados obtidos através da análise de variância (anova) para o modelo de regressão linear múltipla ajustado. Podemos observar o modelo de regressão linear múltipla ajustado, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o valor de F calculado e F tabelado:

TABELA 7 – MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE Nt NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO DE 24 MINUTOS.

Equações	Modelos de regressão linear <sup>1</sup>	$R^2$	Fcal	Ftab
(Eq.1)	Nt 24: $18,92 + 7.48 \cdot \text{ARS} + 2,69 \cdot i$	0.6067	19.28	3.38519*

Eq.: Equação; <sup>1</sup>: Variáveis de entrada codificadas;  $R^2$ : coeficiente de determinação; Ftab= 3,39; \*: significativo pelo teste F a 5%; Nt: mg L<sup>-1</sup>; Valores de entrada no modelo variam de -2 a +2 (Valores codificado).

A razão encontrada entre F calculado (Fcal) e F Tabelado (Ftab), caso seja igual ou maior do que 1, a regressão deve ser considerada estatisticamente significativa, pois, existe relação entre as variáveis independentes (ARS e  $i$ ) e dependentes (Nt). Os resultados da regressão quando igual ou maiores a 4, são úteis para fins preditivos (NETO, et al., 2007).

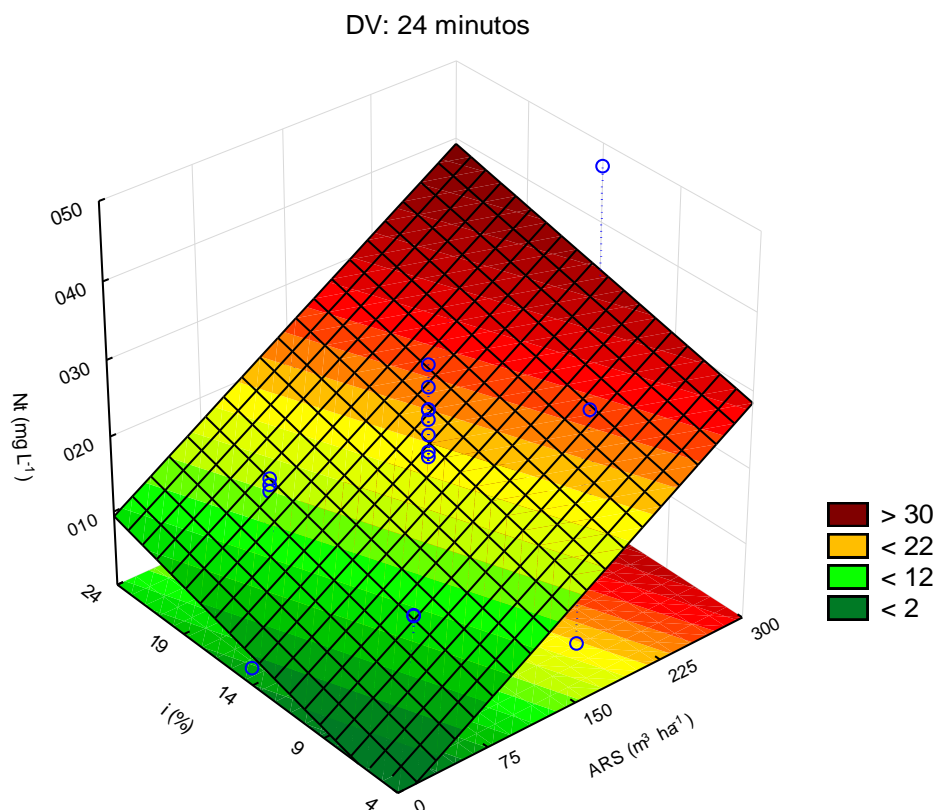
No modelo de regressão linear múltipla apresentado na equação 1 (TABELA 7), a razão entre Fcal/Ftab é de 5,70, e, assim é considerado uma regressão significativa que possibilita descrever os resultados experimentais do comportamento do nitrogênio total na solução escoada, para um intervalo de confiança 95% (Fcal/Ftab > 1).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) encontrado na (TABELA 7) pode variar de -1,00 a +1,00, sendo que quanto mais próximo de 1 for o coeficiente, maior será a validade da regressão, e, assim esse coeficiente é adequado para avaliar o relacionamento linear entre variáveis (QUININO et al., 2011).

Ao analisarmos a (equação 1) na Tabela 7, é possível notar os fatores que foram estatisticamente significativos, que, foram a ARS e a inclinação ( $i$ ), e também podendo verificar que a influência da ARS em relação a declividade ( $i$ ) foi de 2,8 vezes maior sobre a concentração de nitrogênio total na solução coletada.

Através do planejamento fatorial obteve-se o (GRAFICO 2) onde é possível observar as respostas do modelo de regressão linear múltipla de 24 minutos.

GRÁFICO 4 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE Nt NO PERÍODO DE 24 MINUTOS EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i).



Analisando o gráfico, é possível notar, que a ARS e a declividade (i) interferem diretamente na concentração de Nt na solução, sendo que na medida em que se eleva os valores da ARS e declividade (i), a concentração de Nt também sofre um aumento.

O aumento da concentração de Nt na solução, em relação ao aumento da dose da ARS, é devido a concentração de nitrogênio total na ARS, uma vez que, este é o elemento em maior quantidade (AITA et al., 2006), como pode ser observado na (TABELA 5).



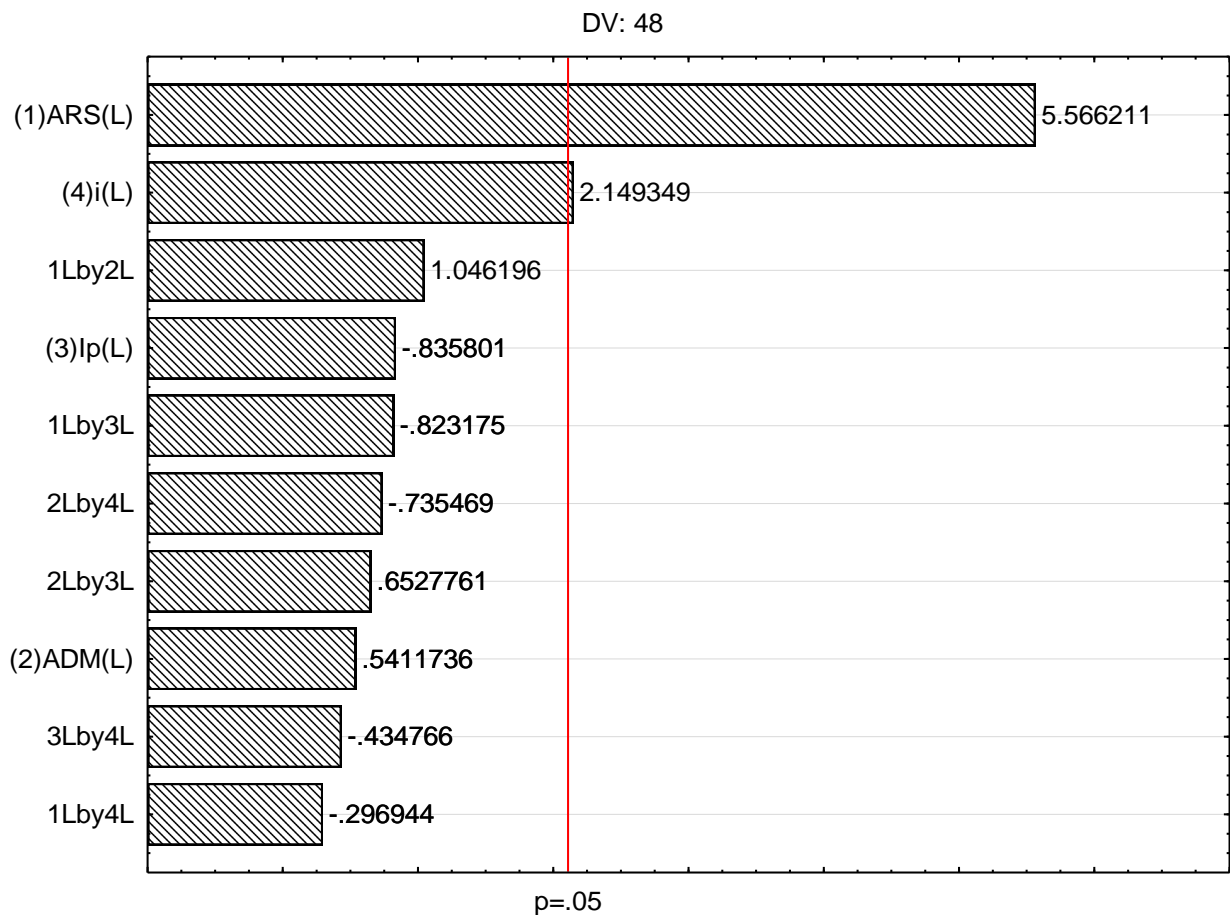
Observando os ensaios 1 e 2, os quais apresentam as mesmas quantidades de ADM,  $I_p$  e  $i$ , respectivamente 25%, 60 mm h<sup>-1</sup> e 9%, sendo que há variação somente na dose de ARS sendo 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e 225 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para as parcelas 1 e 2, obteve-se os valores 4.33 mg L<sup>-1</sup> e 16.16 mg L<sup>-1</sup>, comprovando a influência expressiva causada pela quantidade de ARS aplicada, na quantidade de Nt transportado via escoamento superficial.

Em relação a influência da declividade do solo sobre a concentração do Nt no escoamento, pode-se observar os ensaios 2 e 10, os quais possuem uma declividade de 9% e 19%, sendo que os valores de ARS, ADM e  $I_p$ , (225m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, 25% e 60 mm h<sup>-1</sup>). Os valores de Nt na solução escoada em 24 minutos, foram 16.16mg L<sup>-1</sup> no ensaio 2, e, 20.92 mg L<sup>-1</sup> no ensaio 10, demonstrando a influência da declividade sobre a concentração do Nt na solução escoada. Isso também foi possível observar no trabalho de Tucci et al., (1997), os quais afirmaram que o escoamento superficial é acelerado em maiores declividades, entretanto, em declividades menores, o escoamento superficial é diminuído.

#### 4.2 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO TOTAL NO ESCOAMENTO DE 48 MINUTOS

A seguir serão apresentados os resultados e análises para o nitrogênio total na solução escoada no período de 48 minutos. A análise de significância foi realizada através do gráfico de Pareto ao nível de 5% de significância conforme o Gráfico 3 a seguir:

GRÁFICO 5 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO DE 48 MINUTOS



Para a construção do modelo de regressão linear múltipla, foram usados apenas os fatores que obtiveram significância nas interações durante o período de análise ( $p \geq .05$ ). Neste modelo de 48 minutos, os fatores que influenciaram a concentração de Nt no escoamento, foram a ARS e a declividade (i).

Na tabela 8, são apresentados os dados obtidos através da análise de variância (anova) para o modelo de regressão linear múltipla ajustado conforme as variáveis significantes. Podemos observar o modelo de regressão linear múltipla ajustados, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o valor de F calculado e F tabelado:

TABELA 8 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE NT NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO 48 MINUTOS

Equações	Modelos de regressão linear <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	Fcal/Ftab	
(Eq.1)	$Nt = 8,24 + 2,27 \cdot ARS + 0,87 \cdot i$	0.6289	21.18	3.38519*

Eq.: Equação; <sup>1</sup>: Variáveis de entrada codificadas; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; Ftab= 3.38519 \*: significativo pelo teste F a 5%;

Nt: mg L<sup>-1</sup>.

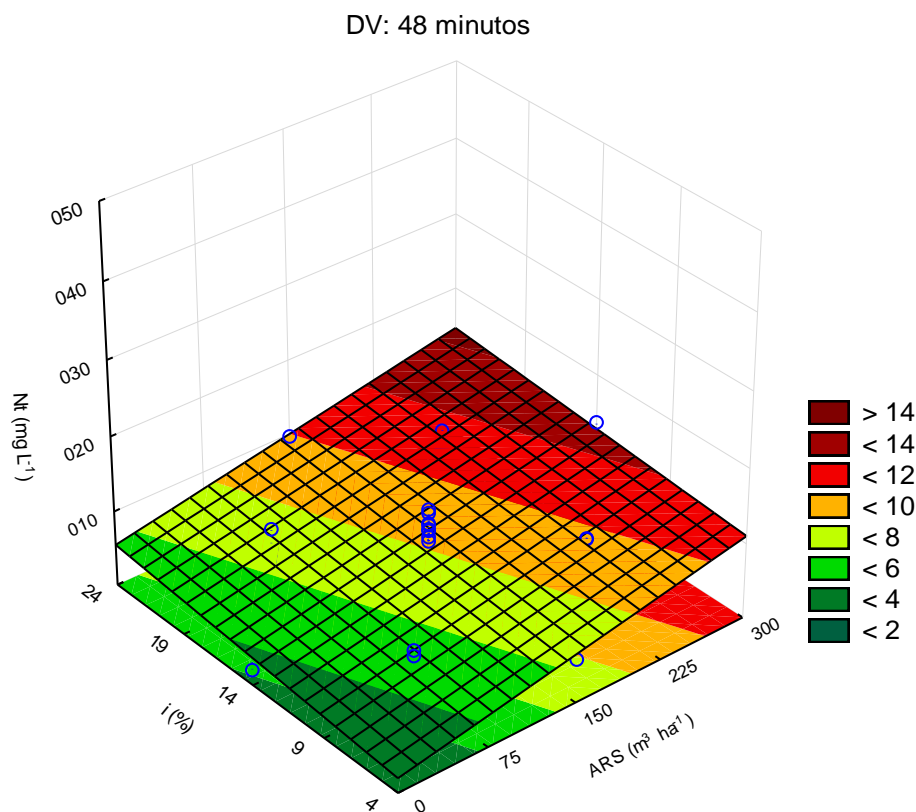
Conforme na avaliação do período de 24 minutos no item 4.1, o teste F terá que apresentar um F calculado e F tabelado igual ou superior a 1 para ter significância estatística. No modelo de regressão linear múltipla apresentado na (equação 1) (TABELA 8), a razão entre Fcal/Ftab é de 6,26, sendo assim é considerado uma regressão significativa que possibilita descrever os resultados experimentais do comportamento do nitrogênio total na solução escoada, para um intervalo de confiança 95% (Fcal/Ftab > 1).

O (R<sup>2</sup>) que representa o coeficiente de determinação apresenta um valor de 0.6289, demonstrando uma variação de 62% da variação de nitrogênio total na solução, seguindo a (equação 1) (TABELA 8).

Ao analisarmos a (equação 1) na Tabela 8, é possível notar os fatores que foram estatisticamente significativos, que, foram a ARS e a inclinação (i), e também podendo verificar que a influência da ARS em relação a declividade (i) foi de 2,6 vezes maior sobre a concentração de nitrogênio total na solução coletada.

Através do planejamento fatorial obteve-se o (GRAFICO 4) onde é possível observar as respostas do modelo de regressão linear múltipla de 48 minutos.

GRÁFICO 4 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE Nt NO PERÍODO DE 48 MINUTOS EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i).



Analisando o gráfico, pode-se observar que a ARS e a declividade (i) do solo apresentaram resposta em relação a concentração de nitrogênio total na solução do escoamento superficial. A ARS influencia 2,6 vezes mais, em relação a declividade, na concentração de Nt na solução escoada no período de 48 minutos.

Observando os ensaios 1 e 2, os quais apresentam as mesmas quantidades de ADM, Ip e i, respectivamente 25%, 60 mm h<sup>-1</sup> e 9%, sendo que há variação somente na dose de ARS sendo 75 m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup> e 225 m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup> para as parcelas 1 e 2, obteve-se os valores 3,26 mg L<sup>-1</sup> e 9,02 mg L<sup>-1</sup>, comprovando a influência expressiva causada pela quantidade de ARS aplicada, na quantidade de Nt transportado via escoamento superficial.

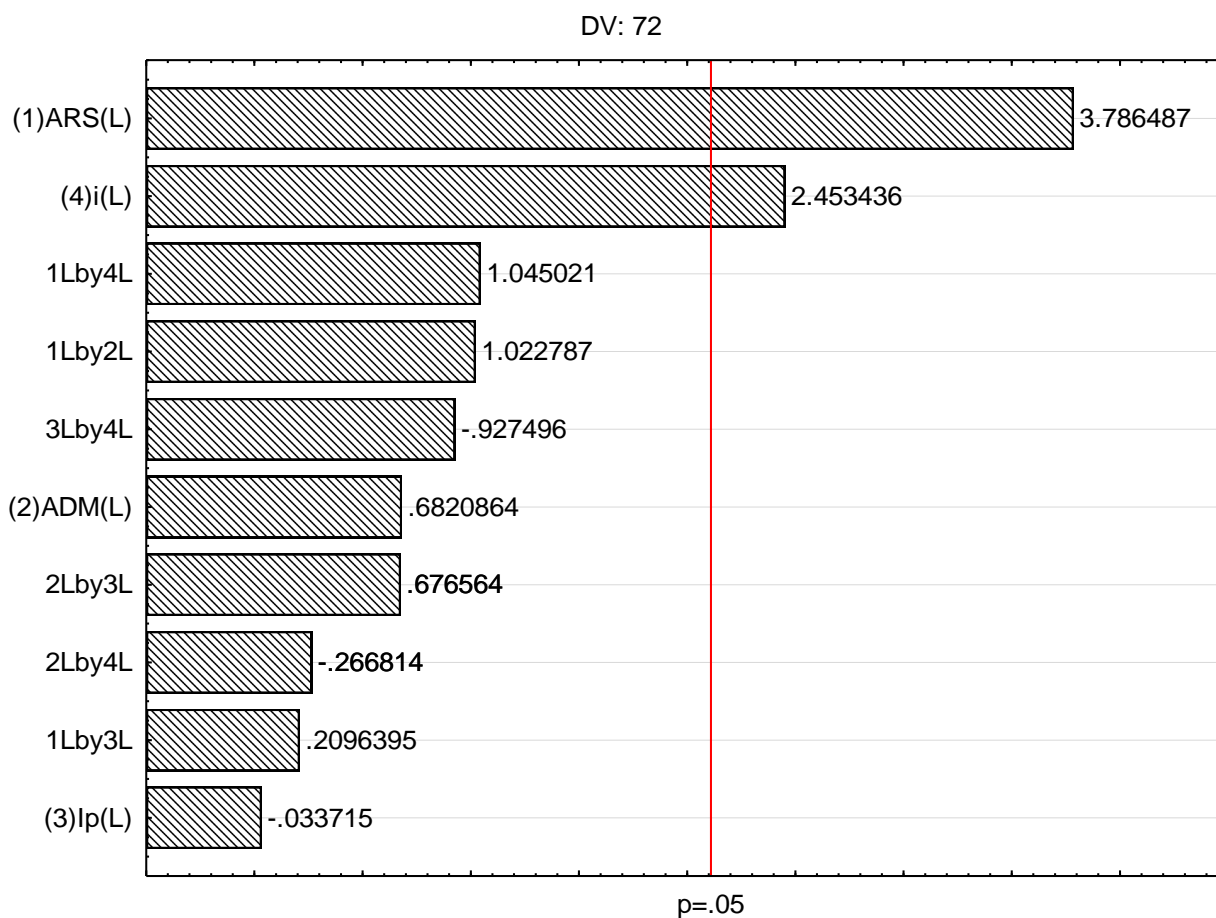
Em relação a influência da declividade do solo sobre a concentração do Nt no escoamento, pode-se observar os ensaios 1 e 9, os quais possuem uma

declividade de 9% e 19%, sendo que os valores de ARS, ADM e  $I_p$ , ( $75 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$ , 25% e  $60 \text{ mm h}^{-1}$ ). Os valores de  $N_t$  na solução escoada em 48 minutos, foram  $3.26 \text{ mg L}^{-1}$  no ensaio 1, e,  $8.63 \text{ mg L}^{-1}$  no ensaio 9, demonstrando a influência da declividade sobre a concentração do  $N_t$  na solução escoada.

#### 4.3 AVALIAÇÕES DA TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO TOTAL NO ESCOAMENTO DE 72 MINUTOS

A seguir serão apresentados os resultados e análises para o nitrogênio total na solução escoada no período de 72 minutos. A análise de significância foi realizada através do gráfico de Pareto ao nível de 5% de significância conforme o Gráfico 5 a seguir:

GRÁFICO 5 - GRÁFICO DE PARETO AO NÍVEL DE 5% DE SIGNIFICÂNCIA NO PERÍODO DE 72 MINUTOS



Para a construção do modelo de regressão linear múltipla, foram usados apenas os fatores que obtiveram significância nas interações durante o período de análise ( $p \geq .05$ ). Neste modelo de 72 minutos, os fatores que influenciaram a concentração de Nt no escoamento, foram a ARS e a declividade (i).

Na tabela 9, são apresentados os dados obtidos através da análise de variância (anova) para o modelo de regressão linear múltipla ajustado conforme as variáveis significantes. Podemos observar o modelo de regressão linear múltipla ajustados, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o valor de F calculado e F tabelado:

TABELA 9 - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR OBTIDOS PARA O TRANSPORTE DE NT NA SOLUÇÃO ESCOADA NA SUPERFÍCIE DURANTE O PERÍODO 72 MIN

Equações	Modelos de regressão linear <sup>1</sup>	$R^2$	Fcal	Ftab
(Eq.1)	$Nt = 5.60 + 1.21 \cdot ARS + 0.79 \cdot i$	0.4918	12.10	3.38519*

Eq.: Equação; <sup>1</sup>: Variáveis de entrada codificadas;  $R^2$ : coeficiente de determinação; Ftab= 3.38519 \*: significativo pelo teste F a 5%; Nt: mg L<sup>-1</sup>.

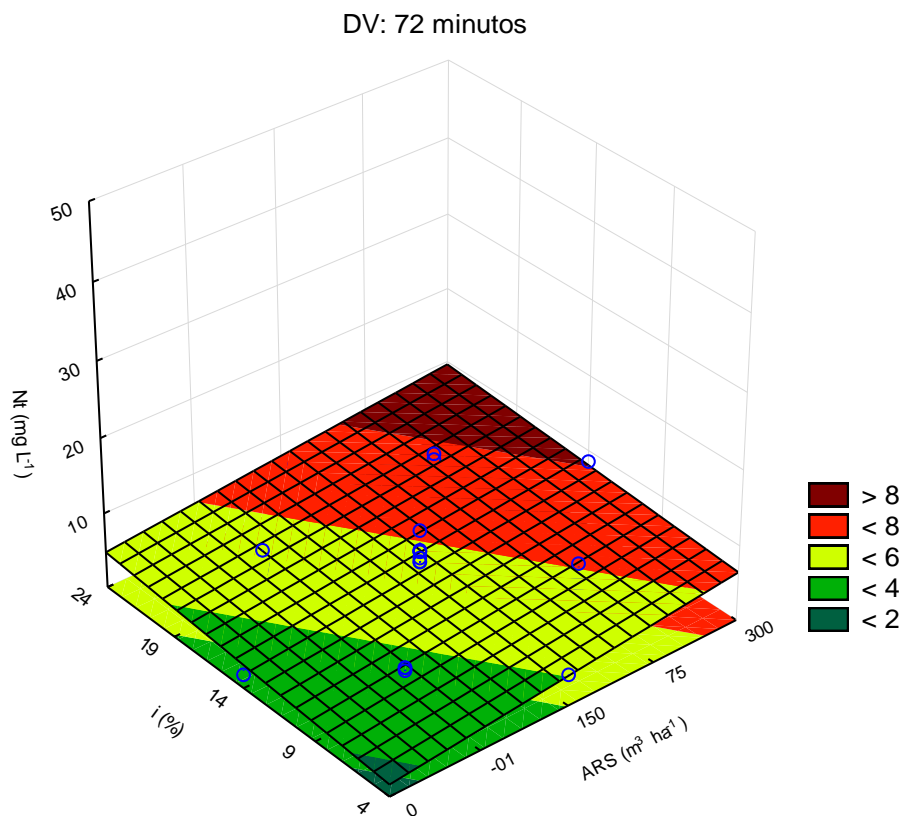
No modelo de regressão linear múltipla apresentado na equação 1 (TABELA 9), a razão entre Fcal/Ftab é de 3,57, sendo assim, apresentam valores significantes, porém o valor é menor que 4, assim, não sendo útil para fins preditivos.

O ( $R^2$ ) que representa o coeficiente de determinação apresenta um valor de 0.4918, demonstrando uma variação de 49% da variação de nitrogênio total na solução, seguindo a (equação 1) da (TABELA 9).

Ao analisarmos a (equação 1) na Tabela 9, é possível notar os fatores que foram estatisticamente significantes, que, foram a ARS e a inclinação (i), e também podendo verificar que a influência da ARS em relação a declividade (i) foi de 1.5 vezes maior sobre a concentração de nitrogênio total na solução coletada.

Através do planejamento fatorial obteve-se o (GRAFICO 5) onde é possível observar as respostas do modelo de regressão linear múltipla de 72 minutos.

GRÁFICO 6 - SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA PREDIZER O TRANSPORTE DE Nt NO PERÍODO DE 72 MINUTOS EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARS APLICADA E DECLIVIDADE DO SOLO (i).



Analisando o gráfico, pode-se observar que a ARS e a declividade ( $i$ ) do solo apresentaram resposta em relação à concentração de nitrogênio total na solução do escoamento superficial. A ARS influencia 1.5 vezes mais, em relação à declividade, na concentração de Nt na solução escoada no período de 72 minutos.

O Gráfico 5 apresenta uma redução na influência da ARS e declividade sobre a concentração de Nt no período de 72 minutos, quando comparado ao período de 24 e 48 minutos demonstrados acima.

Analisando os resultados dos três períodos, pode se concluir que os fatores que mais influenciam na perda de nitrogênio pelo escoamento é a quantidade de ARS aplicada e também a declividade, entretanto, quanto maior for o intervalo de tempo entre a aplicação de ARS e a precipitação simulada em relação a avaliação menor será a concentração de Nt na solução. Esta afirmação também é encontrada no trabalho de Ceretta et al. (2005).

#### 4.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com o 3º parágrafo do artigo 10 no da resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, a concentração de nitrogênio total não deverá ultrapassar o limite de 1,27 mg L<sup>-1</sup> para ambientes lênticos (águas paradas) e 2,18 mg L<sup>-1</sup> para ambientes lóticos (águas continentais moventes).

Para o período de 24 minutos, todos os valores observados foram superiores aos 1,27 mg L<sup>-1</sup> indicados pela literatura para ambientes lênticos, variando de 2,32 a 47,07 mg L<sup>-1</sup> de Nt no escoamento superficial. Da mesma forma, quando comparados ao valor para ambientes lóticos, nenhum dos ensaios estaria de acordo com a legislação, apresentando concentrações superiores a 2,18 mg L<sup>-1</sup> de Nt.

Para o período de 48 minutos, nenhum dos valores de Nt na solução escoada está de acordo com a legislação para ambientes lênticos, e apenas no ensaio onde não foi realizada a aplicação de ARS, a concentração seria adequada para ambientes lóticos.

Ainda, para o período de 72 minutos, as concentrações variaram de 1,8 a 9,88, não estando de acordo com a legislação para ambientes lênticos, estando de acordo para ambientes lóticos, unicamente no ensaio sem aplicação de ARS.

Assim podemos concluir que na maioria dos ensaios analisados, em ambos os períodos de avaliação não estão de acordo com a legislação referentes a ambientes lóticos, sendo apenas o ensaio 21 apresentou valores abaixo de 2,18 mg L<sup>-1</sup> de Nt, apenas nos períodos de 48 e 72 minutos, sendo que neste ensaio não foi aplicado a ARS.

O conhecimento da dinâmica de elementos no solo, onde se utilizam dejetos de suínos como fertilizante, possibilita estabelecer estratégias para corrigir distorções nos sistemas de produção, visando à maior sustentabilidade ambiental (SCHERER et al., 2010).

#### 4.5 ESTIMATIVAS DOS EFEITOS LINEARES DOS FATORES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE NITROGENIO TOTAL OBTIDO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.



Se analisarmos as concentrações de Nt obtidos nas amostras, nos três períodos de análises, podemos ter como exemplo o ensaio 1 e 2, em que ao elevar os teores de ARS, demonstram um efeito linear positivo (incremento) de Nt total escoado, sendo a quantidade de ADM, Ip e declividade foram as mesmas nos ensaios, alterando apenas a quantidade de ARS aplicada de 75 m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup> para 225 m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup>, demonstrando uma estimativa dos efeitos lineares do fator ARS. Ao analisarmos os efeitos lineares causados pela declividade, podemos ter como exemplo dessa influência os ensaios 2 e 10, sendo que o fator responsável pelo incremento na concentração de Nt na solução escoada, foi devido a variação da declividade de 9% para 19%, sendo que a quantidade de ARS, ADM e Ip foram as mesmas em ambos os ensaios.

Em ambos os três períodos a ADM não teve um efeito linear significativo, possivelmente devido a forma de sua utilização, pois, a ADM foi incorporada ao solo no plantio, o que pode reduzir a interação entre o escoamento superficial.

Ao comparar os resultados de Nt na solução escoada nos três períodos de coleta, é possível identificar uma redução na concentração de Nt, ao modo em que o período de coleta passa de 24 minutos, 48 minutos e 72 minutos, sendo que no ensaio 23, a concentração no período 24 minutos é de 31,42 mg L<sup>-1</sup> e, no período de 72 minutos é de 6,21 mg L<sup>-1</sup>, apresentando uma variação enorme, sendo que o valor do período de 24 minutos é 5 vezes maior em relação ao valor do período de 72 minutos.

## 5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos podemos concluir que:

- As concentrações Nt foram reduzidas, conforme o período de coleta era aumentado, devido ao maior período de tempo do solo em exposição a precipitação.
- A aplicação de ARS elevou a concentração de nitrogênio via escoamento superficial, principalmente no primeiro período pós-aplicação da ARS, sendo os ensaios em que apresentaram as maiores quantidades de Nt.
- Em todos os ensaios, a ARS e declividade (i), apresentaram valores significativos na influência da concentração do Nt na solução escoada
- A adubação de ADM não apresentou valores significativos na influência da concentração de Nt total, tendo como possível explicação, o modo de aplicação da mesma.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUELENIEN, F.; NAMBA, Y.; KOSSEVA, M. R.; NISHIO, N.; NAKASHIMADA, Y.; Enhancement of methane production from co-digestion of chicken manure with agricultural wastes. **Bioresource Technology**, vol. 159, 80-87 p. Maio 2014.

AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S. J.; Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 30:901-910, 2006.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; **ESCOAMENTO SUPERFICIAL** – Apostila de Hidrologia, Cap. 7. Agosto 2006. Disponível em: <<https://vdocuments.site/apostila-de-hidrologia-568838d76f2a0.html>>. Acesso em 08 de Dezembro de 2017.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. **Dejeto líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto**. Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.6, p.1296-1304, dez, 2005.

HAALAND, P. D. **Experimental design in Biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 284 p. Agosto 1989.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. C.; **Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado** – Londrina: IAPAR, 26 p. (Boletim Técnico; n. 84), 2015.

NETO, B. B.; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E., **Como fazer experimentos. Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 3a. Ed. Editora da Unicamp, Campinas, São Paulo. 2007.

PEDRON, I. T.; MARIANI, K. L.; FARIAS, J. L. R.; ROSSETTO, A. Comportamento do clima de Palotina/PR de 1973 a 2010, **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**, Marechal Cândido Rondon, v.12, p. 411-419, 2013.

POLETTI, N.; **Nitrogênio no solo e na planta e o manejo da adubação nitrogenada em Cevada no Sistema de Plantio Direto.** Dissertação de Mestrado em Fitotecnia – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 118 p. Abril, 2004.

QUININO, R. C.; REIS, A. R.; BESSEGATO L. F.; **O Coeficiente de Determinação  $R^2$  como Instrumento Didático para Avaliar a Utilidade de um Modelo de Regressão Linear Múltipla.** Departamento de Estatística. UFMG, 2011.

SANTOS, S. C. G.; MENEZES, J. F. S.; BENITES, V. M.; Lixiviação de nitrogênio em um Latossolo vermelho cultivado com soja após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Global Science and Technology**, v.08, n.02, 49 – 60 p. 2015.

SEGANFREDO, M. A. **Fósforo, Cobre, e Zinco em solos submetidos à aplicação de dejetos animais: teores, formas e indicadores ambientais.** Tese (Doutorado) em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. Abril 2013.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C.; Uso de Vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.11, nº1, Campina Grande, Jan/Fev 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662007000100014&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000100014&lng=en). Acesso em 09 de Dezembro de 2017.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R.T; Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento superficial: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 2 n.1 jan/jun 1997, 135-152

VIELMO, H. **Dejeto líquido de suínos na adubação de pastagem de tifton 85.** Tese de Doutorado. Curitiba: UFPR, 2008. 125p.