

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

**CALIBRAÇÃO DE EXTRATORES DE CÁPSULA
POROSA PARA MANEJO DE FERTIRRIGAÇÃO EM
LATOSSOLO VERMELHO**

Igor José Silveira Ribeiro

Brasília, DF
Novembro/2021



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

Igor José Silveira Ribeiro

**CALIBRAÇÃO DE EXTRATORES DE CÁPSULA
POROSA PARA MANEJO DE FERTIRRIGAÇÃO EM
LATOSSOLO VERMELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): João José da Silva Júnior

Brasília, DF
Novembro/2021

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Termo de Aprovação

Autor: Igor José Silveira Ribeiro

Título: Calibração de extratores de cápsula porosa para manejo de fertirrigação em Latossolo Vermelho

Aprovado em: Brasília, 18 de Novembro de 2021

Banca examinadora:

Professor(a) Dr. João José da Silva Júnior
Universidade de Brasília – UnB
Orientador(a)

Professor(a) Dr. Tiago Pereira da Silva Correia
Universidade de Brasília – UnB
Examinador(a)

Professor(a) Dr. Mariana Alexandre de Lima Sales
Universidade de Brasília – UnB
Examinador(a)

FICHA CATALOGRÁFICA

RIBEIRO, Igor José Silveira

Calibração de extratores de cápsula porosa para manejo de fertirrigação em latossolo vermelho – Brasília, Distrito Federal, 2021.

45 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso Graduação - Universidade de Brasília. Curso Agronomia, Brasília, 2021.

“Orientador: Prof. João José da Silva Junior”.

1. Condutividade elétrica, 2. Nitrogênio, 3. Potássio

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Igor José Silveira Ribeiro

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Calibração de extratores de cápsula porosa para manejo de fertirrigação em Latossolo Vermelho

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Aos meus queridos pais, que sempre me apoiaram para que este dia chegasse.

Aos professores que estiveram ao meu lado durante todo o período da graduação.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos que estiveram nesta batalha comigo.

Dedico com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares que me apoiaram até aqui e serviram como fonte de inspiração para a conclusão de mais esta etapa de minha vida. Sou grato aos colegas de Universidade que lutaram junto comigo todos os dias da graduação. Aos amigos que nunca negaram palavras de força e incentivo ao longo desta jornada. Aos mestres que acompanharam toda a minha trajetória durante o curso. Ao meu orientador Professor Dr. João José da Silva Júnior pela orientação, amizade, confiança, paciência e dedicação junto a mim. Meus sinceros agradecimentos a Universidade de Brasília por me proporcionar o melhor ambiente educacional. A todas as pessoas que de forma direta e indireta contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço a Deus por me dar força e permitir realizar este sonho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS.....	12
3.1.1 NITROGÊNIO.....	12
3.1.2 POTÁSSIO.....	13
3.2. FERTIRRIGAÇÃO.....	14
3.3. EXTRATORES DE SOLUÇÃO.....	15
3.4. AVALIAÇÕES.....	16
3.4.1 POTENCIAL HIDROGÊNIONICO.....	16
3.4.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	16
3.4.3. TEOR DE NITRATO E POTÁSSIO	16
3.4.4. CORRELAÇÃO ENTRE O APLICADO E O COLETADO.....	16
3.4.5. CORRELAÇÃO TEOR DE NITRATO E CONDUTIVIDADE	17
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1. AMBIENTAÇÃO DO EXPERIMENTO	18
4.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	19
4.2.1. EXTRATOR, BOMBA DE VÁCUO E DEMAIS UTENSÍLIOS	19
4.2.2. MEDIDORES LAQUATWIN.....	21
4.2.2.1. HORIBA LAQUATWIN KMETER.....	22
4.2.2.2. HORIBA LAQUATWIN NO3-METER.....	22
4.2.3. PHMETRO	22
4.2.4. CONDUTIVÍMETRO.....	23
4.2.5. TENSÍÔMETRO	23
4.3. PREPARO DE SOLUÇÕES.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1 POTENCIAL HIDROGÊNICO (PH)	27
5.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	28
5.3 TEOR DE POTÁSSIO	30
5.4 TEOR DE NITRATO.....	31
5.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA X TEOR DOS ÍONS.....	32
5.6 POTENCIAL HIDROGÊNICO X TEOR DOS ÍONS.....	33
6. CONCLUSÕES	35

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
-------------------------------------	----

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	18
FIGURA 2. LOCAL DE EXTRAÇÃO DO LATOSSOLO VERMELHO, REFERENCIADO COM A SEDE	19
FIGURA 3. VISÃO GERAL DA ESTUFA.....	20
FIGURA 4. EXTRATOR DE SOLUÇÃO USADO NO EXPERIMENTO	21
FIGURA 5. RECIPIENTES USADOS PARA ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE	21
FIGURA 6. MEDIDORES DE NO ₃ ⁻ E K ⁺	22
FIGURA 7. MEDIDOR DE PH	23
FIGURA 8. MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE	23
FIGURA 9. TENSÍMETRO INSTALADO NOS VASOS	24
FIGURAS 10, 11 E 12. CORRELAÇÃO PH DA SOLUÇÃO APLICADA COM O PH DA SOLUÇÃO COLETADA NO VERMELHO, REPETIÇÃO 1,2 E 3	27
FIGURA 13. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DO PH DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DO PH DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO	28
FIGURAS 14, 15 E 16. CORRELAÇÃO C.E. DA SOLUÇÃO APLICADA COM A C.E. DA SOLUÇÃO COLETADA NO VERMELHO, REPETIÇÃO 1,2 E 3	28
FIGURA 17. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DA C.E. DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DA C.E. DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO	29
FIGURAS 18, 19 E 20. CORRELAÇÃO DO TEOR DE K ⁺ DA SOLUÇÃO APLICADA COM DO TEOR DE K ⁺ DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO, REPETIÇÃO 1,2 E 3	30
FIGURA 21. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO.....	30
FIGURAS 22, 23 E 24. CORRELAÇÃO DO TEOR DE NO ₃ ⁻ DA SOLUÇÃO APLICADA COM DO TEOR DE NO ₃ ⁻ DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO, REPETIÇÃO 1,2 E 3	31
FIGURA 25. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO.....	32
FIGURA 26. CORRELAÇÃO DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM A C.E SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO.....	32

FIGURA 27. CORRELAÇÃO DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM A C.E DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO	32
FIGURA 28. CORRELAÇÃO DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM O PH DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VERMELHO.....	33
FIGURA 29. CORRELAÇÃO DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM O PH DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO VRMELHO	33

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. ANÁLISE DE SOLO DO LATOSSOLO VERMELHO.....	19
TABELA 2. NUTRIENTES ENVOLVIDOS NO PREPARO DA SOLUÇÃO ESTOQUE A.....	24
TABELA 3. NUTRIENTES ENVOLVIDOS NO PREPARO DA SOLUÇÃO ESTOQUE B.....	24

RESUMO

A fertirrigação se apresenta como um manejo facilitado e economicamente viável, prometendo o possível controle da concentração de nutrientes na solução do solo. Uma das formas de se realizar o manejo da fertirrigação é a utilização de extratores de cápsula porosa, sendo necessária a realização da calibração dos mesmos. Desta forma, este trabalho tem como objetivo realizar a calibração de extratores de cápsula porosa para o uso no monitoramento da condutividade elétrica, pH e concentração de íons N e K na solução do solo, correlacionando os teores de nitrato e potássio, pH e condutividade elétrica na solução aplicada e na solução coletada. O experimento foi realizado em ambiente protegido, foram utilizados 24 vasos de 8 litros, nos quais foram aplicadas soluções com diferentes concentrações de N e K (50%, 100%, 150%, 200%, 250%, 300%, 350% e 400%) da solução nutritiva para a cultura do tomate proposta por Furlani (1998) com três repetições. Ao final do experimento, a condutividade elétrica e concentração de nitrato e potássio foram estimadas com precisão satisfatória a partir da solução coletada com extratores providos de cápsulas porosas.

Palavras-chave: Condutividade elétrica, Nitrogênio, Potássio.

ABSTRACT

Fertigation presents itself as facilitated and economically viable management, promising the possible control of the concentration of nutrients in the soil solution. One of the ways to carry out the administration of fertigation is to use porous capsule extractors, which require calibration. Thus, this work aims to perform a calibration of porous capsule extractors for use in monitoring the electrical conductivity, pH, and concentration of N and K ions in the soil solution, correlating the levels of nitrate and potassium, pH, and electrical conductivity in the applied solution and in the collected solution. The experiment was carried out in a protected environment; 24 8-liter pots were used, in which solutions with different N and K systems were applied (50%, 100%, 150%, 200%, 250%, 300%, 350%, and 400%) of the nutrient solution for the tomato crop proposed by Furlani (1998) with three replications. At the end of the experiment, the electrical conductivity and concentration of nitrate and potassium were estimated with satisfactory precision from the solution collected with extractors provided with porous capsules.

Keywords: Electrical conductivity, Nitrogen, Potassium.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do teor de nutrientes no solo é de fundamental importância para um adequado manejo do solo, e extremamente necessário quando se utiliza a fertirrigação como forma de distribuição de fertilizantes. Obtendo essa informação durante o ciclo da cultura, permite uma dosagem exata de determinado nutriente, propiciando economia e evitando contaminação ambiental, pois a adubação é uma das etapas mais onerosas na implementação e manutenção de um cultivo, e excesso de aplicação de fertilizantes podem gerar prejuízos ao ambiente como contaminação do lençol freático e a salinização do solo ou substrato mais próximo da planta.

O solo como meio tradicional para o desenvolvimento de uma cultura, compreende espaço físico onde a planta absorve nutrientes, resultantes da decomposição de componentes bióticos e abióticos presentes no solo, e água. Esse meio é oriundo do intemperismo de rochas de diversos tipos, e nele que foi possível que a agricultura existisse, e nos tempos atuais o conhecimento sobre as características físicas e químicas do solo rompe uma barreira para o obter o máximo de produtividade em uma lavoura. Para isso, uma correção dessas características através da adubação é necessária.

Para uma adubação correta é importante o conhecimento do teor de nutrientes no solo, principalmente se utilizar o sistema de irrigação como meio de transporte desse adubo, até a planta desejada, pois a fertirrigação necessita do máximo de precisão possível. Um dos métodos mais simples de fazer as análises necessárias é utilizando o extrator de cápsula porosa, esse equipamento consiste em um tubo de PVC (policloreto de vinila) com uma cápsula porosa soldada em uma das pontas, essa capsula é feita de cerâmica e permite a passagem de líquidos por ela. O seu uso foi verificado por DIAS et al. (2005), que avaliou esse tipo de extrator para o monitoramento da concentração total de sais na solução do solo, e verificaram que pode ser utilizado com precisão satisfatória.

Porém anterior ao seu uso é necessário a calibração do extrator. A calibração de acordo com o solo que vai ser utilizado é necessária para a correlação de características do mesmo em relação à solução que vai aplicada. Apresentando assim o balanço do que é aplicado, e o que permanece no solo.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Obtenção de curvas de calibração dos extratores de solução do solo para os íons nitrato e potássio no Latossolo Vermelho.

2.2 Objetivo específico

Correlacionar os teores de nitrato e potássio, pH e condutividade elétrica na solução aplicada e na solução coletada no Latossolo Vermelho.

Correlacionar os teores de íons com a condutividade elétrica na solução extraída.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Nutrição mineral de plantas

Epstein (2006) explicam que existem seres capazes de sintetizar seu próprio alimento a partir de material inorgânico, chamados de autotróficos. Nesse meio se encaixam as plantas, que conseguem através da fotossíntese retirar CO_2 da atmosfera e do solo, a água e os nutrientes necessários para seu desenvolvimento.

Estes nutrientes advindos do solo são incorporados às plantas, através de suas raízes por meio de íons inorgânicos, e logo em seguida começam a ser transportados para todas as partes do ser, de forma que, passam a ser assimilados e participar das funções biológicas.

Nutrição mineral é o nome que se dá ao estudo deste fenômeno no geral, e se torna de extrema importância para a área da agricultura, visto que, a produtividade está diretamente ligada a dependência das plantas por seus nutrientes necessários. Por este fator, cada vez mais crescem os números de estudos nesta área e suas vertentes.

Entre várias opções presentes no solo, os nutrientes são classificados em relação quanto a sua demanda. Os macronutrientes como N, K e P fazem parte dos tecidos das plantas em grandes concentrações. Já os micronutrientes como ferro, cobre e zinco estão presentes em pequenas concentrações. A presença de níveis adequados de todos estes nutrientes no solo é improvável de acontecer, portanto se torna necessário a aplicação de fertilizantes, para que venham a cobrir as deficiências minerais que ocorrem em determinadas situações, sua aplicação e manejo são feitos após análises nutricionais previamente estabelecidas pelo produtor (ÁVILA, 2007).

3.1.1 Nitrogênio

O N é o nutriente mineral mais requerido pelas plantas, em questão de quantidade. Por mais que seja extremamente abundante na atmosfera, o nitrogênio se concentra na forma de N_2 , que não pode ser absorvido diretamente nas plantas. Para isso é necessário que seja convertido em, NH_4^+ e NO_3^- . As fixações biológica e industrial são os principais agentes dessa conversão. Essas formas convertidas são

facilmente absorvidas pelo sistema radicular da planta. Os tecidos vegetais apresentam, de maneira geral, teores de N que variam de 2 a 5% da matéria seca: com poucas exceções às culturas é também o mineral mais exigido pelas plantas.

Como dito por Faquin (2005), aproximadamente de 90% do N da planta encontra-se em forma orgânica e nela é apresentada de várias forma como componente estrutural de macromoléculas, constituinte de enzimas e parte integrante do ácido nucleico. Dentro da planta, esse nitrogênio absorvido e complexado com outras moléculas formando aminoácidos, proteínas, coenzimas, enzimas, hormônios vegetais, bases nitrogenadas (púricas e pirimídicas), nucleosídeos, DNA, RNA e etc.

Este nutriente se destaca principalmente pelas alterações morfofisiológicas nas plantas, e modificando processos como crescimento, respiração, fotossíntese, crescimento, absorção de nutrientes e atividades de raízes (CARMELLO, 1999).

O nitrogênio apresenta uma característica de alta mobilidade no solo, sua movimentação é possível ser comparada com o da água que percola o solo (BURT, 1998). Por este fator, é diretamente afetado pelos fatores que alteram o movimento da água no solo, como a estrutura e porosidade. Pode se mover tanto para baixo, através de irrigação, quanto para cima pelo fluxo ascendente, em períodos de baixos níveis de precipitação. Também sendo possível a sua perda por lixiviação.

O teor de N total, não indica o teor de N que está disponível para as plantas, mas de modo potencial se constitui a fonte de N que através dos processos de mineração irá fornecer o N assimilável para as plantas.

Vem sendo observada que a resposta ao N está diretamente ligada a disponibilidade de água no solo, pois a maior parte deste nutriente é absorvida através da difusão e do fluxo de massa (FRIZONE; OLITTA, 1987).

3.1.2 Potássio

Ainda na parte de nutrição mineral de plantas, o potássio é também um dos macronutrientes mais exigido pelas plantas, porém diferente do nitrogênio este não tem sua obtenção tão complexa. A principal forma de K nos solos é a mineral, também pode ser obtido da mineralização da matéria orgânica depositada no solo, porém em menor quantidade.

A “logística” do potássio para planta (absorção e transporte), ocorre com o mesmo na forma de íon K^+ , que é o modo como vai ser absorvido pela raiz da planta. O K é bastante permeável nas membranas plasmáticas, e isto o torna um nutriente com mobilidade alta, sendo transportado a longa distância pelo xilema e pelo floema. Segundo o material de Faquin (2005), o potássio tem a maioria da sua totalidade na planta em forma solúvel (mais de 75%), fazendo com que a sua redistribuição seja facilitada no floema assim o nutriente é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e para as regiões em crescimento. O K tem como uma de suas funções a atuação na ativação enzimática e no processo de absorção iônica.

Através de estudos percebeu que de uma forma geral, os locais de maiores concentrações de K eram os locais com maiores valores de umidade, tornando evidente o seu transporte por fluxo de massa (ZANINI, 1991). Para Malavolta (1980), e foi possível relacionar a distribuição de K no solo e a distribuição de água no solo, demonstrando que seria possível o controle da localização do íon no solo através da irrigação e da fertirrigação.

3.2 Fertirrigação

Para Coelho (2011) a fertirrigação pode ser definida e explicada como:

“A fertirrigação ou a aplicação de fertilizantes via água de irrigação difere significativamente da aplicação via solo, principalmente porque acelera o ciclo dos nutrientes. Na aplicação convencional, os nutrientes sólidos são depositados próximo à planta e na superfície do solo e precisam esperar a chuva para entrarem na solução do solo. No caso, ficam dependentes das intensidades e das frequências das chuvas para se moverem no solo, podendo ou não ser interceptados pelo sistema radicular. Na aplicação via água de irrigação, o tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é significativamente reduzido, uma vez que o fertilizante solúvel na água infiltra no solo já em solução, de modo uniforme, em toda a região da zona radicular, garantindo máxima interceptação pelo sistema radicular. Assim, um maior número de raízes passa a absorver nutrientes fazendo com que a planta possa trabalhar no seu potencial de absorção. Aliado a isso, os fertilizantes são aplicados juntamente com a água de irrigação, em que se espera uma irrigação cujo manejo proporcione um uso racional de água, ou seja, que se irrigue com alta uniformidade de distribuição e alta eficiência de aplicação, reduzindo a percolação e a lixiviação, resultando numa aplicação de fertilizantes de maior eficiência que a obtida na adubação convencional” (COELHO, 2011, p. 235).

Através de comparações feitas por BURT, O'CONNOR E RUEHR (1995), verificou-se que a fertirrigação possui um aumento na eficiência de aplicação quando relacionadas com a aplicação de fertilizantes, através do método convencional, além de partilhar de um gasto de fertilizantes de 20 a 50% menor.

Entre outras vantagens, MAROUELLI (2001) expõe que esta técnica oferece a possibilidade de fornecimento de fertilizantes de forma parcelada, de acordo com a necessidade das plantas, ajudando para que a fertilidade do solo sempre permaneça em níveis elevados.

Pelo fato de ser uma técnica com rapidez, é importante que haja um bom monitoramento de seu funcionamento, para que, se necessário, seja feito os ajustes necessários durante o ciclo.

3.3 Extratores de solução

O fato da fertirrigação ocasionar uma redução no tempo do ciclo dos nutrientes, permite que os resultados também apareçam de forma mais rápida. Pensando nisso, torna-se necessário o uso de equipamentos que forneçam estes resultados com a rapidez que se pede neste tipo de manejo.

Os extratores de solução aparecem basicamente como um material que possui uma cápsula porosa em uma de suas extremidades que funcionam como um filtro para a extração de solução do solo. Em questão de horas é possível retirar a solução para análise. A agilidade do equipamento e o fácil manejo tornam estes um sucesso entre os produtores que utilizam este método.

Como demonstrado por Lima (2009), o uso destes equipamentos auxilia no manejo da fertirrigação, assim como no monitoramento da dinâmica de íons em solução, tornando possível identificar e solucionar problemas causados por desequilíbrios nutricionais e processos de salinização. A possibilidade de se manter um controle na aplicação de fertilizantes de forma com que seja mantida a concentração da solução do solo variando numa faixa de condutividade elétrica que tenha valores adequados para cultura faz com que diminua o número de desperdícios de água, energia e fertilizantes (BURGUEÑO, 1996).

Sobre as cápsulas de cerâmica, Cassel e Klute (1986), demonstram que existem duas características importantes para o bom funcionamento destas neste manejo, que são a pressão de borbulhamento e a condutância da cápsula.

Para o sucesso dos resultados são feitas aplicações de vácuo durante o processo. Esta sucção que ocorre nos extratores gera um gradiente de potencial no solo em torno da cápsula, tornando possível a observação que quanto maior o vácuo proposto maior será o volume de solo amostrado (CARLOS LIMA, 2009). É importante ressaltar que na literatura não há uma padronização em relação a intensidade do vácuo e o tempo adequado entre a aplicação do vácuo e a coleta da solução.

3.4. Avaliações

3.4.1 Potencial Hidrogênico (pH)

O pH determina a concentração de H^+ (íons de hidrogênio) em uma solução (DIAS, 2020). É usado para determinar a acidez ou alcalinidade da solução, e pode ser determinado com uso de indicadores sintéticos ou naturais, ou pHmetro, sendo o último mais preciso.

3.4.2 Condutividade Elétrica

Segundo Dias (2020), a condutividade elétrica é uma estimativa dos sólidos dissolvidos na solução, pois sais e íons diluídos são capazes de conduzir corrente elétrica. Como o objetivo desse estudo envolve o conhecimento do teor de nitrato e potássio, em duas situações, a condutividade elétrica também é um parâmetro desejável.

3.4.3 Teor de Nitrato e Potássio

O nitrogênio e potássio são os macronutrientes de mais exigência para planta, e fertilizantes minerais que os tem em sua composição não tem valor baixo, a fertirrigação possibilita uma redução nas doses de N e K aplicadas sem prejuízo na cultura, como Teixeira et al. (2006) verifica. Mesmo assim, é necessário o acompanhamento dos teores desses íons no solo, afim de evitar salinização do solo.

3.4.4 Correlação entre o aplicado e o coletado

Para verificar a eficácia do extrator e adequá-lo ao solo utilizado, a calibração será executada correlacionando os parâmetros da solução aplicada (em diferentes doses) com os da solução coletada, e analisar o comportamento da interação dos diferentes teores de nutriente com o solo.

3.4.5 Correlação teor de nitrato e condutividade

Como dito anteriormente, a quantidade de sais que estão diluídos na água é proporcional à condutividade elétrica, por isso é possível correlacionar o teor de nitrato e potássio com a condutividade.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Ambientação do experimento

O experimento foi realizado na Estação Biológica, localizada na Asa Norte do Plano Piloto - Brasília - DF, propriedade da Universidade de Brasília – UnB, latitude 15°73'62" S; longitude 47°88'44" W; aproximadamente 1.000 m de altitude. O experimento foi em estufa pertencente a estação, realizado entre os meses de outubro e novembro de 2021. No mesmo experimento também foi realizada a calibração para o Latossolo Amarelo. Os dados e resultados estão presentes no trabalho de Pereira (2021). A área experimental foi 150 m², uma fração da área do total da estufa, para realização do experimento foram utilizados 48 vasos com dois tipos de solo (24 vasos para cada solo), o Latossolo Vermelho e o Latossolo Amarelo, sem delineamento. Para cada vaso, foram realizadas três repetições de oito concentrações diferentes (50%, 100%, 150%, 200%, 250%, 300%, 350% e 400%). Na Figura 1 é possível observar onde se localiza o Laboratório de Campo onde se deu início a realização do experimento.



Figura 1. Localização da realização do experimento

A coleta do solo se desenvolveu usando camadas de 0 a 20 cm. Na Figura 2 se observa o local exato da extração do solo, localizado na área da Fazenda Água Limpa, pertencente a UnB. Na Tabela 1, são apresentados os valores coletados na análise do solo coletado.



Figura 2. Local de coleta do Latossolo Vermelho, referenciado com a sede

Elemento	Unidade	Valor
pH em H ₂ O	Sem unidade	6,2
Fósforo – P	mg/dm ³	15,2
Cálcio – Ca	cmol/dm ³	2,4
Magnésio – Mg	cmol/dm ³	0,4
Potássio – K	cmol/dm ³	0,09
Sódio – Na	cmol/dm ³	0,11
Alumínio – Al	cmol/dm ³	0,3
Acidez (H+Al)	cmol/dm ³	3,4
Soma das bases	cmol/dm ³	3,0
CTC	cmol/dm ³	6,4
Saturação por bases, V ₁	Em %	47
Saturação por Al, m	Em %	9
Matéria Orgânica, MO	Em g/kg	34,4

Tabela 1. Análise de solo do Latossolo Vermelho

O preparo dos concentrados, que posteriormente foram utilizados para fazer as soluções para trabalho, foi conduzido no Laboratório de Química do Solo – Fav/Unb. Para realização do preparo de solução e coleta de dados foi utilizado o Laboratório de Campo, situado próximo à estufa.

4.2. Equipamentos utilizados

4.2.1 Extrator, bomba de vácuo e demais utensílios

Os extratores de solução usados foram feitos a partir de um tubo de PVC, acoplado a uma cápsula de cerâmica porosa em uma extremidade. Vedado na outra

extremidade com borracha especial de silicone. Instalados a uma profundidade de 10 cm, de forma que, sua funcionalidade seria semelhante a de um tensiômetro. A Figura 3 apresenta uma visão geral do experimento.



Figura 3. Visão geral da estufa

A aplicação do vácuo foi realizada de forma manual, utilizando seringas de 60ml acopladas a agulhas de 30x7mm, sendo inseridas através da borracha de silicone o que é possível observar na Figura 4. Através deste método foi possível usar valores em torno de 36 kPa.

Para a realização do conjunto preparação e aplicação das soluções nos vasos, foram usados baldes de 5 L, becker de plástico de 500 mL, becker de plástico de 150mL e pipeta de plástico de 5 mL.



Figura 4. Extrator de solução usado no experimento

Para as análises das soluções extraídas, foram utilizados recipientes de 140 mL que serviram para o armazenamento e transporte destas para o laboratório, onde foram realizadas as medições. Figura 5.



Figura 5. Recipientes usados para armazenamento e transporte

Após a coleta, foram avaliadas as seguintes características da solução com os respectivos equipamentos: Nitrogênio e Potássio.

4.2.2 Medidores LAQUAtwin

Segundo site do fabricante, a Horiba, LAQUAtwin é uma linha de medidores de qualidade da água compacto. A linha compreende vários parâmetros de qualidade da água como pH, condutividade, íons (Na^+ , K^+ , NO_3^- , Ca_2^+) e salinidade. Possui boa qualidade de construção, e confiabilidade no resultado (quando bem calibrado).

4.2.2.1 Horiba LAQUAtwin Kmeter

Medidor de teor de potássio (K^+), utiliza o ppm como unidade de medida, calibração com 150 e 2000 ppm (com soluções já disponibilizadas pelo fabricante), executada a cada 9 medidas.

4.2.2.2 Horiba LAQUAtwin NO_3^- meter

Medidor de teor de nitrato (NO_3^-), utiliza o ppm como unidade de medida, calibração com 150 e 5000 ppm (com soluções já disponibilizadas pelo fabricante)

realizada a cada 9 medidas, pois a diferença de concentração entre as soluções pode causar erro em medidas que estejam nesse *gap*. Na Figura 6 são apresentados os dois modelos usados no experimento.



Figura 6. Medidores de NO₃⁻ e K⁺

4.2.3 pHmetro

Representado na Figura 7, é capaz de determinar o pH, com resolução de somente uma casa decimal. Não possui leitura da temperatura da solução, erro de +/- 0,1 na escala de pH, e leitura de 0 a 14 nessa mesma escala. A calibração é realizada através de um parafuso que se encontra no verso do aparelho e deve ser realizada diariamente.

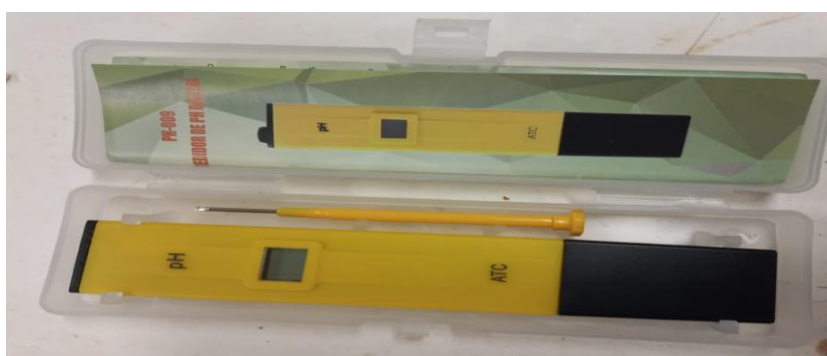


Figura 7. Medidor de pH

4.2.4 Condutivímetro

Responsável pela determinação da condutividade elétrica, leitura de 0 a 19.99 mS/cm, resolução de 0.01 mS/cm, tem a leitura da temperatura da solução. A

calibração deve ser realizada com solução de 12,88 mS/cm (0,1M de KCl), e deve ser feita a cada dia. Sua unidade de medida é o mS/cm. O modelo usado é apresentado na Figura 8.



Figura 8. Medidor de condutividade

4.2.5 Tensiômetro

Responsável por medir a tensão de água no solo, com auxílio de um manômetro. É preenchido com água, à medida que o solo perde água para o ambiente, a água contida no tensiômetro passa para o solo, como o tensiômetro é vedado essa retirada de água gera pressão negativa, captada pelo manômetro. Este modelo, apresentado na Figura 9, possui unidade de leitura em cmHg (centímetros de mercúrio).



Figura 9. Tensiômetro instalado nos vasos

4.3. Preparo de Soluções

Utilizando as dependências do Laboratório de Química do Solo – FAV/UnB, se deu início a preparação das soluções a serem aplicadas no projeto, como guia foi utilizado uma composição de solução nutritiva de Furlani (1995), com dois estoques: A e B. As duas soluções foram preparadas como concentrados da composição dos estoques, com 833 vezes a concentração do estoque A e 100 vezes para o estoque B. Para o preparo, foi usado a mesma quantidade de soluto, porém com volume de solvente bem menor (1,2 L para o estoque A e 10 L para o estoque B). No estoque B, devido ao maior volume, se utilizou de um recipiente de 20 L para o preparo da solução estoque concentrada. Nas tabelas a seguir (Tabela 2 e Tabela 3) se encontram os nutrientes envolvidos na preparação deste estoque:

Solução Estoque A	Gramas/1000 Litros
Nitrato de Cálcio	700

Tabela 2. Nutrientes envolvidos no preparo da Solução Estoque A

Solução Estoque B	Gramas /1000 Litros
Nitrato de Potássio	120
Sulfato de Potássio	200
MKP	80
MAP	80
Sulfato de Magnésio	300

Tabela 3. Nutrientes envolvidos no preparo da Solução Estoque B

Os cálculos para aplicação foram realizados a partir de 8 tipos diferentes de concentrações dos estoques, que foram: 50%, 100%, 150%, 200%, 250%, 300%,

350% e 400%. Como referência, a massa de fertilizante foi convertida em massa de nutriente que cada um disponibilizava. Resultando nos seguintes cálculos:

Concentrado do estoque A: 81,62 g/L de N

Concentrado do estoque B: 2,16 g/L de N; 17,52 g/L de K₂O

Valor de referência (100%) = 1/833 da concentração do estoque A (0,098 g/L de N) 3 L de preparo para cada dose, então seria 3,6 ml de soluto e o 2,996 L de solvente para a dose de 100%

- 50% = $\frac{1}{2}$ multiplicado pela dose de 100% = 1,8 ml de soluto do c. estoque A (0,049 g/L de N);
- 100% = 1,0 multiplicado pela dose de 100% = 3,6 mL de soluto do c. estoque A (0,098 g/L de N);
- 150% = 1,5 multiplicado pela dose de 100% = 5,4 mL de soluto do c. estoque A (0,147 g/L de N);
- 200% = 2,0 multiplicado pela dose de 100% = 7,2 mL de soluto do c. estoque A (0,196 g/L de N);
- 250% = 2,5 multiplicado pela dose de 100% = 9 mL de soluto do c. estoque A (0,245 g/L de N);
- 300% = 3,0 multiplicado pela dose de 100% = 10,8 mL de soluto do c. estoque A (0,294 g/L de N);
- 350% = 3,5 multiplicado pela dose de 100% = 12,6 mL de soluto do c. estoque A (0,343 g/L de N);
- 400% = 4,0 multiplicado pela dose de 100% = 14,4 mL de soluto do c. estoque A (0,392 g/L de N);

Volume total de soluto = 64,8 ml de soluto

Valor de referência (100%) = 1/100 da concentração do estoque B (0,00216 g/L de N; 0,01752 g/L de K₂O) 3 L de preparo para cada dose, então seria 30ml de soluto e o 2,7L de solvente para a dose de 100%

- 50% = $\frac{1}{2}$ multiplicado pela dose de 100% = 15 ml de soluto do estoque B (0,0108 g/L de N; 0,0876g/L de K₂O);
- 100% = 1,0 multiplicado pela dose de 100% = 30 mL de soluto do estoque B (0,0216 g/L de N; 0,1752g/L de K₂O);
- 150% = 1,5 multiplicado pela dose de 100% = 45 mL de soluto do estoque B (0,0324 g/L de N; 0,2628g/L de K₂O);

- 200% = 2,0 multiplicado pela dose de 100% = 60 mL de soluto do estoque B (0,0432 g/L de N; 0,3504g/L de K₂O)
- 250% = 2,5 multiplicado pela dose de 100% = 75 mL de soluto do estoque B (0,054 g/L de N; 0,438g/L de K₂O);
- 300% = 3,0 multiplicado pela dose de 100% = 90 mL de soluto do estoque B (0,0648 g/L de N; 0,5256g/L de K₂O);
- 350% = 3,5 multiplicado pela dose de 100% = 105 mL de soluto do estoque B (0,0756 g/L de N; 0,6132g/L de K₂O);
- 400% = 4,0 multiplicado pela dose de 100% = 120 mL de soluto do estoque B (0,0864 g/L de N; 0,7008g/L de K₂O).

Volume total de soluto = 540 ml de soluto

Estoque A: Nitrato de cálcio 700 g/1000L: Fornece 14% de N, dando uma concentração de 0,098 g/L Concentrado do estoque A: Nitrato de cálcio 700 g/1,2L, concentração de 81.6 g/L.

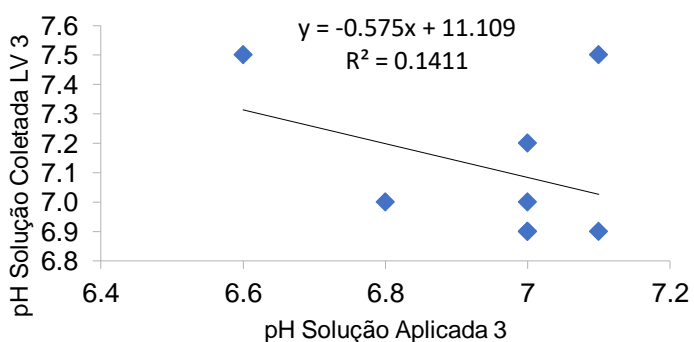
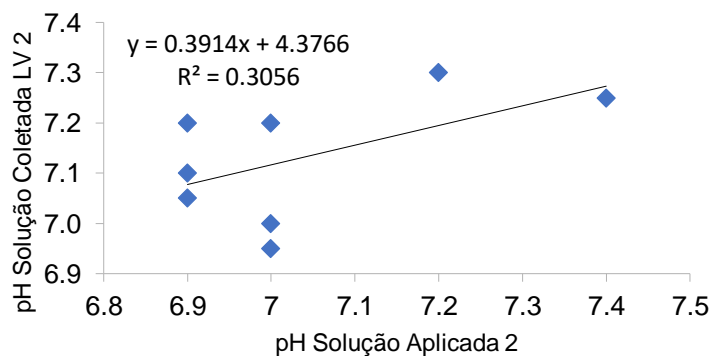
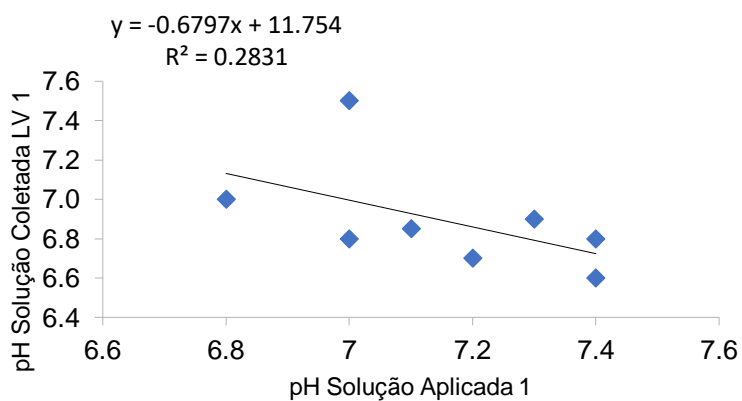
Estoque B: Nitrato de potássio 120 g (12% de N e 44% de K₂O) + Sulfato de potássio 200 g (48% de K₂O) + MKP 80 g (33% de K₂O) + MAP 80 g (9% de N) /1000L: dando uma concentração de 0,0216 de N e 0,1752 de K₂O.

Para realizar o preparo de cada dose, foi utilizada água de abastecimento.

5. Resultados e Discussão

Para a análise foi utilizada a regressão linear, com o objetivo de correlacionar as doses de solução aplicada com as doses de solução coletada, usando o coeficiente de correlação para averiguar a eficácia das equações obtidas e estimar os valores de Y.

5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)



Figuras 10, 11 e 12. Correlação pH da solução aplicada com o pH da solução coletada no Latossolo Vermelho, repetição 1,2 e 3.

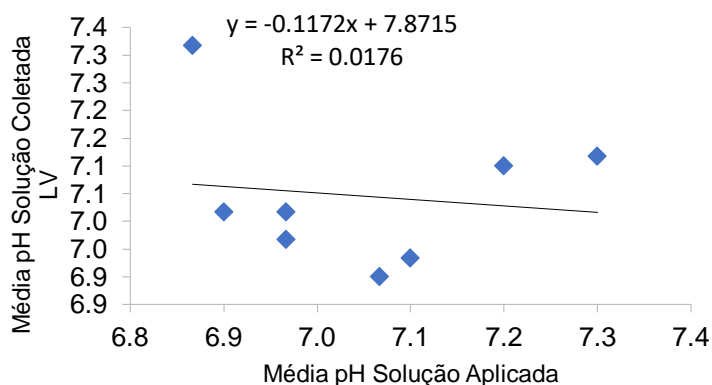
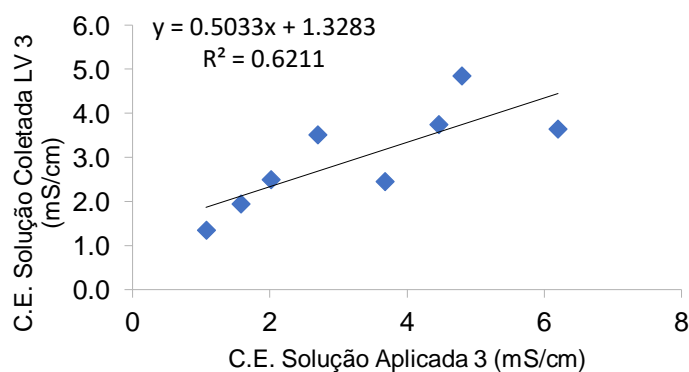
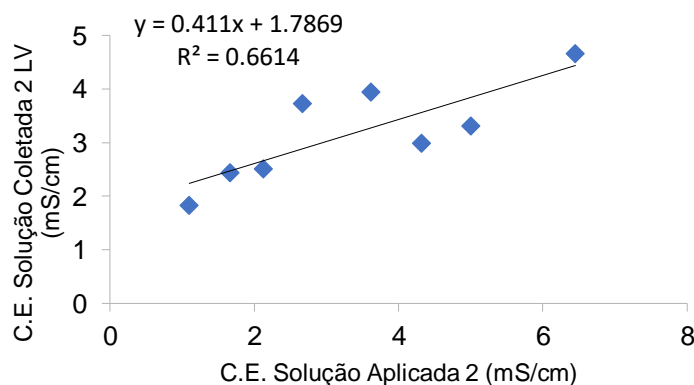
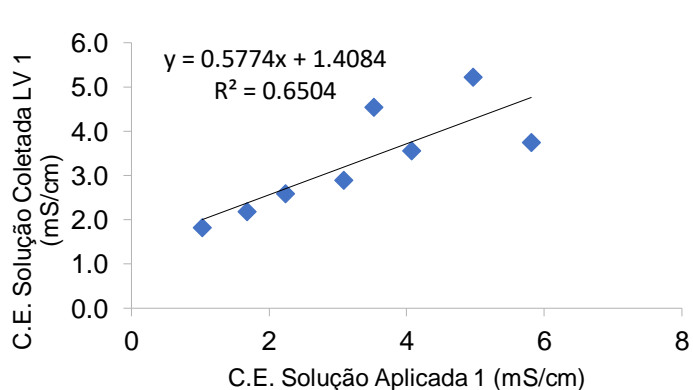


Figura 13. Correlação da média do pH da solução aplicada com a média do pH da solução coletada no Latossolo Vermelho, repetição 1,2 e 3.

Nas figuras 10, 11 e 12 é possível observar a correlação entre os valores de pH medidos na solução nutritiva e na solução extraída com os extratores de solução. Os valores apresentados ficaram dispersos com R^2 variando entre 0,1411 e 0,3056. Na figura 13 se observa a correlação da média do pH da solução aplicada com a média do pH da solução coletada, que apresenta um menor valor de R^2 .

5.2 Condutividade Elétrica (C.E.)



Figuras 14, 15 e 16. Correlação C.E. da solução aplicada com a C.E. da solução coletada no Vermelho, repetição 1,2 e 3.

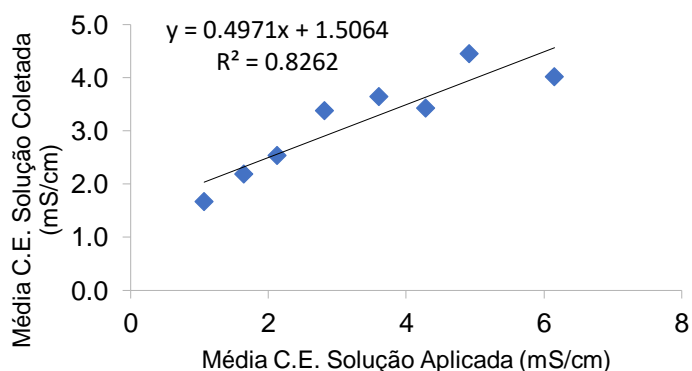
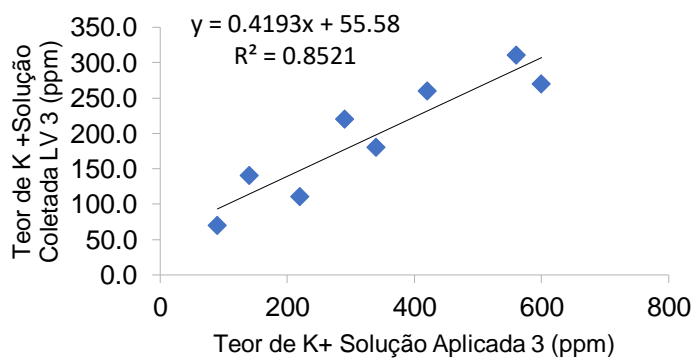
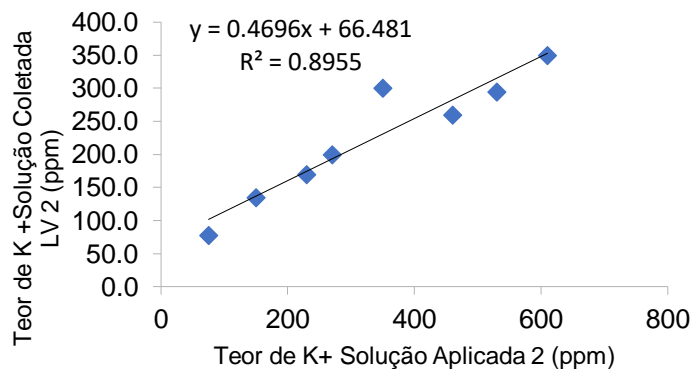
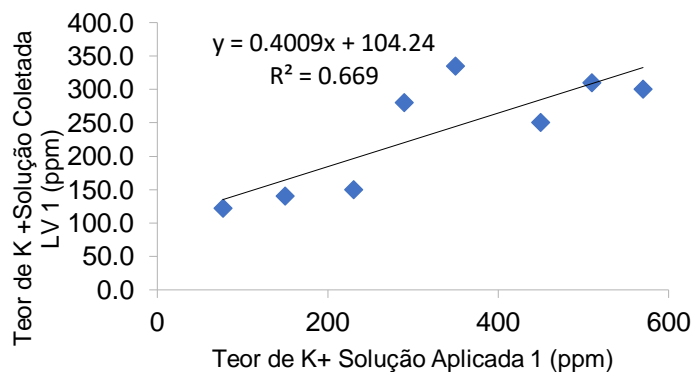


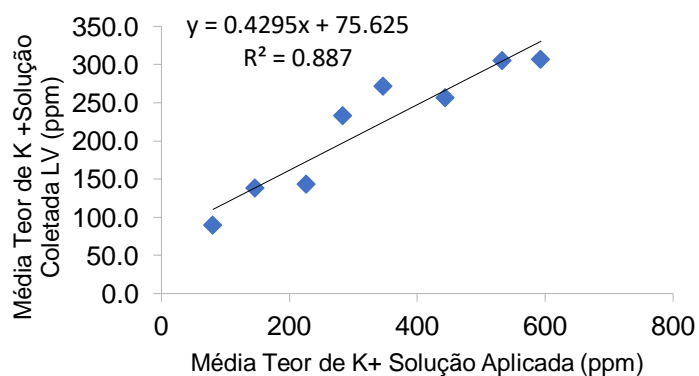
Figura 17. Correlação da média da C.E. da solução aplicada com a média da C.E. da solução coletada no Latossolo Vermelho.

As figuras 14, 15 e 16 apresentam a correlação dos valores de condutividade elétrica, representada pela sigla C.E., medidos na solução nutritiva e na solução extraída com os extratores de solução. Os valores apresentaram variação do R^2 entre 0,6211 e 0,6614. Estes resultados podem ser explicado por Richards (1954), que afirmou que teor e o tipo de argila presente no solo agem como interferentes na concentração de íons na solução, demonstrando que qualquer interferência no teor de íons acarretará em interferência na condutividade elétrica. A correlação da média da condutividade elétrica da solução aplicada com a média da condutividade elétrica da solução coletada apresenta valor de R^2 de 0,8262.

5.3 Teor de Potássio



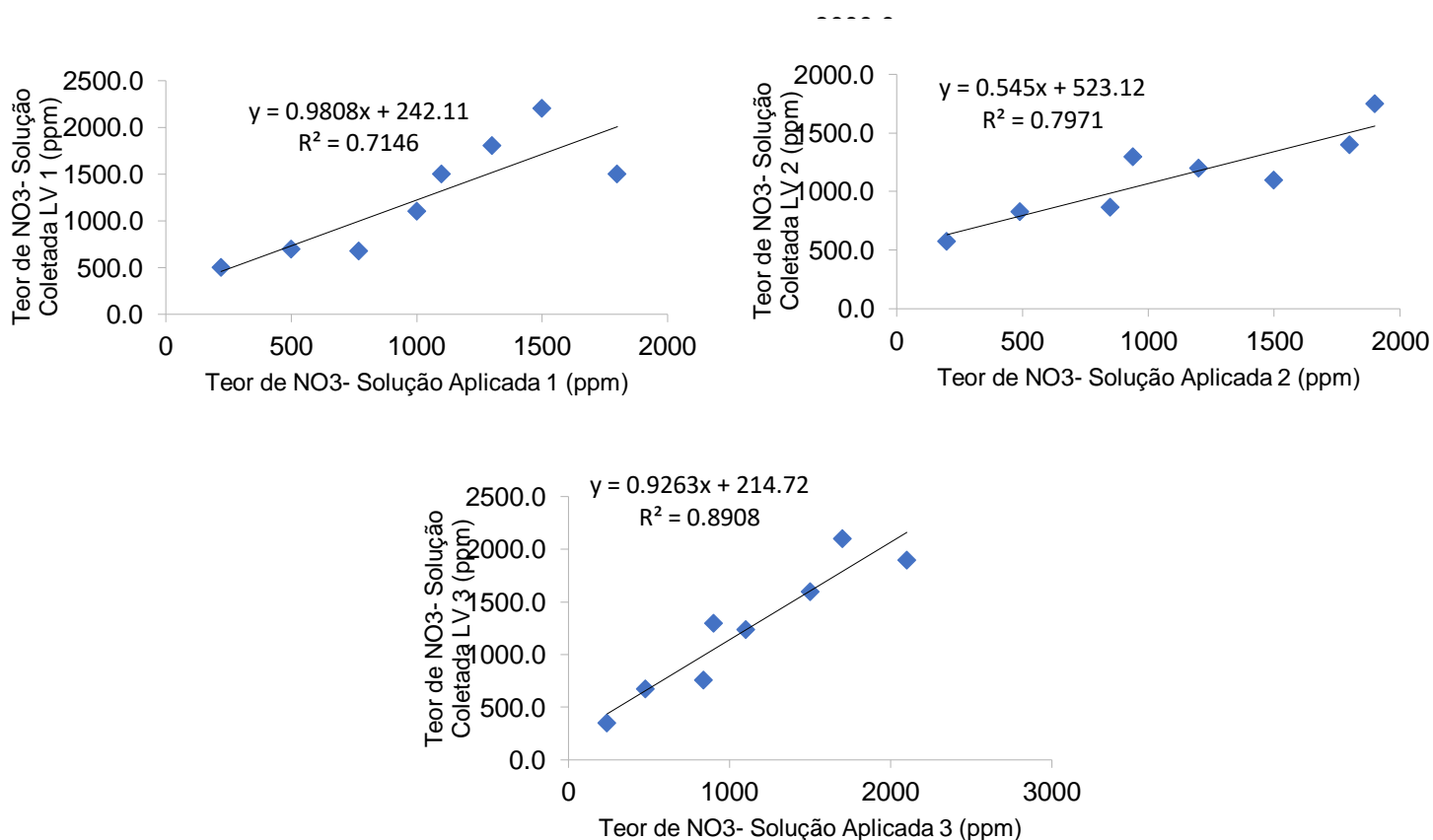
Figuras 18, 19 e 20. Correlação do teor de K⁺ da solução aplicada com do teor de K⁺ da solução coletada no Latossolo Vermelho, repetição 1,2 e 3.



Figuras 21. Correlação da média do teor de K⁺ da solução aplicada com a média do teor de K⁺ da solução coletada no Latossolo Vermelho.

Observando a figura 18, é possível constatar que o valor de R^2 na correlação do teor de K^+ da solução aplicada com do teor de K^+ da solução coletada se apresenta em 0,669, já nas figuras 19 e 20 estes se apresentam com valores mais próximos entre si, sendo 0,8955 e 0,8521, respectivamente. Costa et al. (2000) evidência o mesmo com o seu trabalho de testar a extração de solução do solo com diferentes cápsulas de cerâmica, e diferentes doses de K^+ e Na^+ . O valor de R^2 na correlação da média do teor de K^+ da solução aplicada com a média do teor de K^+ da solução coletada se apresenta em 0,887.

5.4 Teor de Nitrato



Figuras 22, 23 e 24. Correlação do teor de NO_3^- da solução aplicada com do teor de NO_3^- da solução coletada no Latossolo Vermelho, repetição 1,2 e 3.

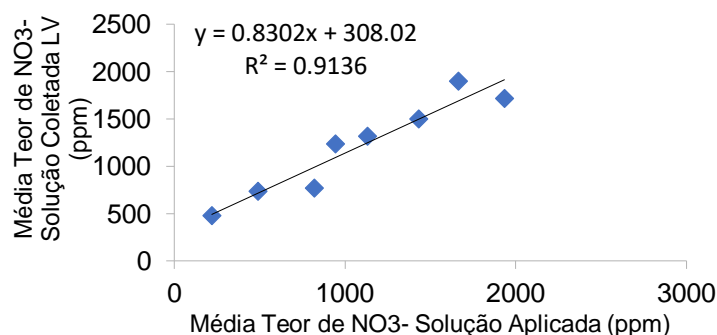


Figura 25. Correlação da média do teor de NO₃⁻ da solução aplicada com a média do teor de NO₃⁻ da solução coletada no Latossolo Vermelho.

Nas figuras 22, 23 e 24 são apresentados os valores da correlação do teor de NO₃⁻ da solução aplicada com do teor de NO₃⁻ da solução coletada, os valores de R² permanecem entre 0,7146 e 0,8908. Neto (2009), que avalia o efeito de diferentes concentrações de nitrato de cálcio e uréia, da água de fertirrigação na solução do solo, encontra resultado semelhante com exceção da existência de máximos na concentração de 4 g L⁻¹ e 13 g L⁻¹. A correlação da média do teor de NO₃⁻ da solução aplicada com a média do teor de NO₃⁻ da solução coletada apresenta valor de R² de 0,9136.

5.5 Condutividade Elétrica X Teor dos Íons

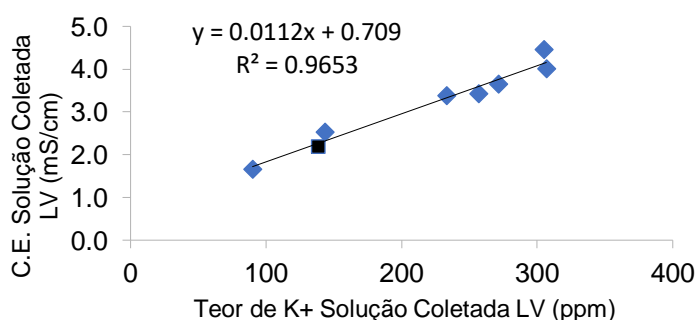


Figura 26. Correlação do teor de K⁺ da solução coletada com a C.E da solução coletada no Latossolo Vermelho.

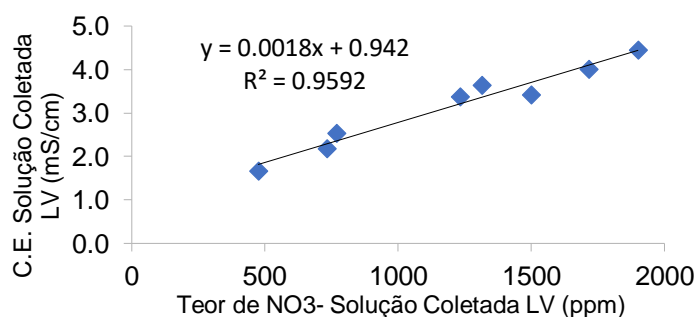


Figura 27. Correlação do teor de NO_3^- da solução coletada com a C.E da solução coletada no Latossolo Vermelho.

Nas figuras 27 e 28, são apresentados os valores da correlação do teor de K^+ e NO_3^- da solução coletada com a condutividade elétrica da solução coletada. É possível observar que os valores de R^2 permanecem próximos, sendo o primeiro 0,9653 e o segundo 0,9592. Isso corrobora com o que Gomes (2019) afirma em sua pesquisa de condutividade elétrica e pH do extrato de saturação do solo adubado com doses crescentes de cloreto de potássio, evidenciando que quanto maior a concentração de íons no solo, maior será sua condutividade elétrica. Esta observação pode ser analisando os valores de máximo e mínimo para os três parâmetros apresentados.

5.6 Potencial Hidrogênico X Teor dos Íons

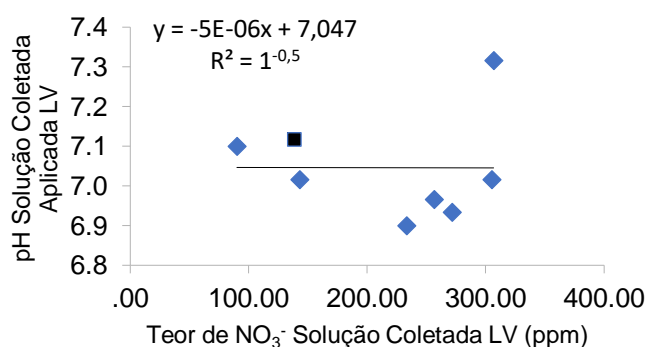


Figura 28. Correlação do teor de K^+ da solução coletada com o pH da solução coletada no Latossolo Vermelho.

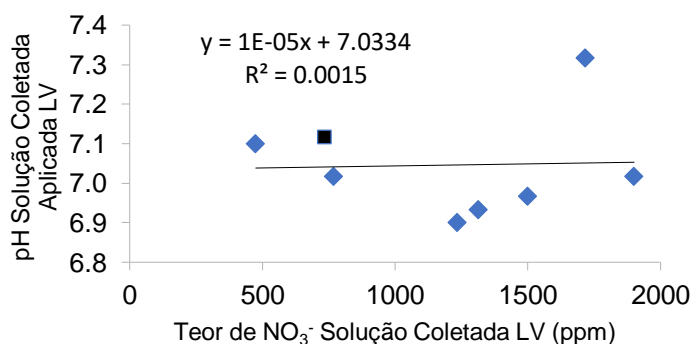


Figura 29. Correlação do teor de NO_3^- da solução coletada com o pH da solução coletada no Latossolo Vermelho.

Como pode se observar nas Figuras 28 e 29, os valores de R^2 de $1^{-0,5}$ e 0,0015, se nota que a correlação do teor de K^+ e NO_3^- da solução coletada com o pH da solução coletada possui valores abaixo das correlações citadas anteriormente, observando que os íons possuem menor influência nos valores de potencial hidrogeniônico quando comparados aos valores de condutividade elétrica.

6. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos no presente estudo foi possível concluir que através do uso de extratores de cápsula porosa usados na extração da solução do solo estudado, é possível determinar a concentração de íons e condutividade elétrica com precisão. E correlacionando os teores de nitrato, potássio, condutividade elétrica e pH na solução aplicada e na solução coletada no solo, foi possível observar que o aumento na concentração iônica da solução aplicada, proporcionou um aumento na concentração iônica e na condutividade elétrica da solução obtida. Ressaltando que os valores de potencial hidrogeniônico não acompanharam este aumento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, V. S.; ABREU, V. M. N.; FIGUEIREDO, E. A. P.; OLIVEIRA, U.; BRUM, P. A.. **Valor agrônomo da cama de frango após reutilização por vários lotes consecutivos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado técnico, 46).

BLANCO, F. F.; FLAVIO FAVARO BLANCO CPAMN. **Manual de construção e utilização de extratores de cápsula porosa para obtenção da solução do solo**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2006.

BURGUEÑO, H. **La fertirrigacion en cultivos hortícolas com acolchado plástico**. Culiacan, 1996. v.1, 45p.

BURT, C.M.,T. RUEHR, and K. O'CONNOR. 1995. **Fertigation. Irrig. Training and Research Center, Cal Poly, San Luis Obispo, CA 93407. p.295**

CARMELLO, Quirino Augusto de Camargo; MONTEIRO, Francisco Antônio; DECHEN, Antonio Roque. **Curso de nutrição mineral de plantas: módulo 12 - cultivo hidropônico de plantas**. [S.l: s.n.], 1999.

COELHO, E. F.; OR, D.; SOUSA, V. F. de. **Aspectos básicos em fertirrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

COSTA, A.C.S; SUZUKI, A.A.; LIBARDI, P.L.; PINTRO, J.C.; TORMENA, C.A.; JUNIOR, I.G.S.; SENGIK, E. **Extração de K⁺ e Na⁺ por cápsulas de cerâmica porosa**. Acta Scientiarum, 2000.

DIAS, D.; MATOS, C. L. S., **A. ANÁLISES DE PH, CONDUTIVIDADE E DUREZA EM ÁGUAS SUPERFICIAIS EM CAÇAPAVA DO SUL/RS**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020.

EPSTEIN, A. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. trad. Maria Edna Tenório Nunes – Londrina: Editora Planta, 2006.

FAQUIN, Valdemar Nutrição Mineral de Plantas / Valdemar Faquin. -- Lavras: **A Distância: Solos e Meio Ambiente** UFLA / FAEPE, 2005. p.: il. - Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização).

FERREIRA, P.A.; MARTINEZ, M.A. **Movimento e modelagem de sais no solo**. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB; SBEA, 1997. cap.6, p.171-206.

FRIZZONE, J. A. ; OLITTA, A. F. L. ; PEREIRA, G. T. **Funcoes de Respostas do Fei-joeiro (Phaseolus Vulgaris, L) Ao Uso do Nitrogenio e Lamina de Irrigacao: I Reg. de Prod. Racional**. REVISTA ITEM, v. 28, p. 26-32, 1987.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT**. Campinas, Instituto Agronômico, 1998, 30p. (Boletim técnico, 168).

GOMES, F.S.; ARANTES, A.M.; SANTOS, R.A.; MARTINS, C.H.C.; OLIVEIRA, L. **Condutividade elétrica e ph do extrato de saturação do solo adubado com doses crescentes de cloreto de potássio**. 2019

KLUTE, A. **Water retention: laboratory methods**. In: KLUTE, A. (ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.563-596

LIMA, C. J. G. S. **Calibração e manejo de extratores providos de cápsulas porosas e transdutores de pressão para monitoramento de íons na fertirrigação**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo-SP: Agronômica Ceres, 1980. 251 p

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W. L.C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 31p. (Circu-lar Técnica da Embrapa Hortaliças, 30).

OLIVEIRA, F.A. **Manejo da fertirrigação para a cultura do melão utilizando extratores de solução do solo**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2008

PEREIRA, J.V.O. **Calibração de extratores de cápsula porosa para manejo de fertirrigação em latossolo amarelo**. Universidade de Brasília, 2021

RICHARDS, L. A. (Ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United states Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

SILVA, E.F.; ANTI, G.R.; CARMELLO, Q.A.C.; DUARTE, S.N. **Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo**. Scientia Agricola, v.57, n.4, p.785-789, out./dez. 2000

TEIXEIRA, L.A.J.; MARTINS, A.L.M.; NATALE, W.; BETTIOL NETO, J.E. **Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional-atributos químicos do solo**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.29, p.143-152, 2006.

ZANINI, J, R. **Distribuição de água e de íon potássio no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento**. Irrigação e tecnologia moderna, 1991.