

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

AGLAIR CARDOSO ALVES

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA EXTRAÇÃO DA FASE
AQUOSA DE SOLOS DE MINERALOGIAS DISTINTAS DE
PERNAMBUCO**

**RECIFE
2019**

Aglair Cardoso Alves
Engenheira Agrônoma

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA EXTRAÇÃO DA FASE AQUOSA DE SOLOS
DE MINERALOGIAS DISTINTAS DE PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza

Coorientadores: Prof. Dr. Flávio Adriano Marques, Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior e Dr. Hidelblandi Farias de Melo,

**Recife
2019**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A474c Alves, Aglair Cardoso.
 Comparação de métodos para extração da fase aquosa de solos de
Mineralogias distintas de Pernambuco / Aglair Cardoso Alves. – Recife, 2019.
 140 f.: il.

 Orientador(a): Edivan Rodrigues de Souza.
 Coorientador(a): . Valdomiro Severino de Souza Júnior, Hildeblandi Farias
 de Melo.
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Recife, BR-PE, 2019.
 Inclui referências e apêndice(s).

 1. Solução do solo 2. Condutividade elétrica 3. Composição iônica
I. Souza, Edivan Rodrigues de, orient. II. Souza Júnior, Valdomiro Severino de,
coorient. III. Melo, Hildeblandi Farias de, coorient. III. Título

CDD 631.4

AGLAIR CARDOSO ALVES

Comparação de métodos para extração da fase aquosa de solos de mineralogias distintas de Pernambuco

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019

Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza
Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Dr. Flávio Adriano Marques;
Embrapa Solos

Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Hidelblandi Farias de Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ofereço

Aos meus pais, Antônio Luiz e Leonice Santos, por terem me acompanhado por todo o caminho, por compreender a escassez da minha presença, mas sempre incentivando e apoiando todos os meus passos.

Dedico

Ao meu noivo, Fábio Nascimento de Jesus, companheiro, amigo e amor.

“Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando, refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar”

Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

A gratidão vai muito além do reconhecimento de bons acontecimentos ou auxílio recebido, a gratidão é antes de mais nada um estado de espírito que expressa nossa humildade em entender e aceitar que precisamos uns dos outros para evoluirmos na nossa caminhada.

Assim, agradeço, em primeiro lugar, à essa força superior ainda inexplicada pela ciência, mas sentida nos corações: Deus! A quem devo a oportunidade de ter surgido nesse mundo, com todas as faculdades necessárias para escrever minha história.

Agradeço aos meus ancestrais mais distantes por abrirem os caminhos e darem através de suas lutas o sustento para que eu pudesse aqui estar!

Agradeço à minha família, principalmente aos meus pais – Antonio e Leonice, por estarem sempre, ao meu lado, me apoiando em todas as minhas decisões e sendo meus maiores exemplos de vida. Meus pais sempre colocaram a educação como prioridade em minha criação, não poupando sacrifícios para que aqui eu chegasse. Não posso esquecer também minha irmã Delnice, meus sobrinhos (Ana Carolina e João Gabriel) e Alexsandro (cunhado), pelo amor e carinho com que sempre me presentearam. Agradeço individualmente a cada um de vocês, por entenderem minha ausência, por suportarem a saudade, por terem me colocado em suas orações, por acreditarem em minha capacidade de galgar mais esse degrau em minha vida.

Ao meu companheiro, Fábio Nascimento, por ser uma espécie de luz e preencher de amor minha vida, não tenho palavras para agradecer tudo que fizeste por mim, todo incentivo e força que me deste ao longo desses 4 anos. Foram momentos difíceis, não é fácil ficar longe da pessoa que amamos, mas, quando buscamos um sonho, precisamos suportar algumas dores, e a minha maior dor foi a sua ausência. Obrigada, por ter sido sempre meu porto seguro, destacando também toda sua família, pela torcida e encorajamento!

Ao meu orientador, Edivan Rodrigues de Souza por ter me aceitado como orientada, pela confiança depositada e por todos os ensinamentos neste período. Aos meus coorientadores, Prof Dr. Flávio Adriano Marques, Prof Dr Valdomiro Severino de Souza Júnior, em especial

ao Dr Hidelblandi Farias de Melo, pela participação sempre atenta na construção metodológica desta pesquisa! À cada um de vocês dedico meus sinceros agradecimentos!

Não poderia deixar de mencionar aqueles que tão bem desempenharam suas funções de disseminadores do conhecimento: os professores do programa de Ciências de Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Em vocês encontrei inspiração para buscar ser a cada dia uma profissional mais competente e ética. Rendo graças a cada um dos funcionários desta instituição, em especial, à secretária do programa de Pós Graduação em Ciências do solo, Socorro, que sempre se preocupou em ajudar a todos os alunos deste programa e que, com seu jeito peculiar, tornou o ambiente sempre familiar e aconchegante!

Às meninas da República Feminina, onde morei por dois anos, onde compartilhei e momentos incríveis que serão para sempre guardados em meu coração, cito as mais próximas, Verônica Melo, Isabella Melo, Iracema, Elba e Mickelle, Latifa e Noemi. Obrigada meninas!

Aos meus colegas de doutorado que caminharam comigo desde do início (Janyelle Lemos, Mayame Brito, Alex, Júscelia, Lúcia, Agostinho Hlavanguane e Vanessa). E aos demais, que já estavam antes de mim no programa, que me orientaram (Adriana Oliveira, Sthephany, Vinícius Gomes, Edivan Uchoa, Camila Barros, Juliet, Paula Araújo, Gerson Barros e Jéssica Oliveira). Também aos que chegaram depois, que com sua amizade e coleguismo, garantiram uma ótima convivência (Tiago Oliveira, Marlon, Petrônio, Adriana Bezerra, Emmanuelle, Cintia Gouveia, Taísa, Bia, Marina Monteiro, Felipe Martins, Taís Assunção). Assim como aos colegas de outros programas, mas não menos presentes (Neura Mendes, Ana Paula, Ana Verena, Nailson, Jozé e Valério). A interação com cada um de vocês, a certeza de que não estava sozinha nessa jornada, me fortaleceram para seguir adiante rumo ao alcance do meu objetivo.

Ao grupo de pesquisa Solo Água Planta pelo auxílio na realização das análises, amizade e por permitir um maravilhoso ambiente de trabalho: Martha, Lucas, Monalisa e em especial a Cintia Lins, Pablo Dourado, Danilo Rodrigues, Hidelblandi Melo e Hugo (não tenho palavras para descrever tudo que vocês simbolizaram e simbolizam para mim!!! Foi o aconchego dessas amizades ofertadas que tornaram mais leves esses anos longe da minha família!). Aos meninos e meninas do Pibic: Isaias, Pablo Brito, Frederico, Francisco, Kauê, Lucas Tenório, Taciana e José George sem vocês nada seria possível, vocês em muitos momentos foram a minha força e saibam que foram amáveis companhias de trabalho!

Como não reconhecer toda boa vontade dos laboratoristas, técnicos, e todos trabalham e que fizeram até mais do que suas obrigações, para me ajudar? Em especial eu cito Pedro

Gabriel, técnico do laboratório Química do Solo e Eudes Oliveira, técnico do laboratório de Física do Solo. Aos estudantes de Pibic de outros laboratórios em Especial a Arthur pela realização das análises de Mineralogia. Meu muito obrigada a cada um de vocês!

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, por ofertar esta oportunidade de crescimento.

Ao Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof Dr. Flávio Adriano Marques, Prof Dr Valdomiro Severino de Souza Júnior e Dr Hidelblandi Farias de Melo, agradeço imensamente por comporem a banca examinadora e contribuírem de maneira tão significativa com à pesquisa

E aos órgãos de financiamento da pesquisa, CAPES e FACEPE, cujos recursos são imprescindíveis não apenas para tornar realizáveis os sonhos individuais, mas por serem instrumentos de crescimento da pesquisa em nossa nação!

Enfim, a todos que direta ou indiretamente, me ajudaram nessa caminhada, recebam de coração o que eu tenho de mais puro para ofertar em contrapartida a tudo que a mim foi ofertado: a minha GRATIDÃO!

BIOGRAFIA

Aglair Cardoso Alves, filha de Leonice Santos Cardoso Alves e Antônio Luiz Fonseca Alves, nasceu em 21 de outubro de 1988, na cidade de Santo Antônio de Jesus, Bahia.

Cursou o ensino fundamental e médio na Escola Cooperativa Educacional de Santo Antônio de Jesus.

Em 2007 iniciou o curso de Engenharia Agrônoma na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas - BA, graduando-se em 2012.

Em março de 2013 iniciou o Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas - Ciências do Solo na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia concluindo 2015.

Em março de 2015 iniciou o Doutorado em Ciências do Solo na Universidade Federal Rural de Pernambuco.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA EXTRAÇÃO DA FASE AQUOSA DE SOLOS DE MINERALOGIAS DISTINTAS DE PERNAMBUCO

RESUMO

A caracterização da solução do solo é de fundamental importância para avaliar uma série de processos inerentes ao sistema solo-planta. Nesse sentido, pesquisas que comparem metodologias de extração da solução do solo e que, ao mesmo tempo, apresentem viabilidade prática e financeira são requeridas no meio científico. O objetivo deste estudo foi comparar a eficiência de diferentes métodos de extração da solução do solo em classes de solos que representam assembléias mineralógicas representativas do estado de Pernambuco. Foram avaliados os métodos de extração da solução do solo, centrifugação, cápsulas porosas e suspensões de relações solo: água (1:2; 1:5 e 1:10) em cinco classes de solos (Neossolo Regolítico (RR), Luvisolo Háplico (TX), Gleissolo Háplico (GX), Nitossolo Háplico (NX) e Latossolo Amarelo (LA)) para os horizontes superficial (horizonte A) e horizontes B diagnósticos. Foram estabelecidas relações entre os quatro métodos para os variáveis: pH, condutividade elétrica (CE), potencial osmótico (Ψ_o), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ solúveis e cloreto. Para os solos TX, GX, NX e LA, exceto o RR, foi possível encontrar regressões com bons ajustes para os métodos de centrifugação e cápsula porosa, com o método padrão (extrato da pasta) para as variáveis, CE, Ψ_o , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ , Cl^- . A análise dos dados foi realizada utilizando-se correlação de Pearson, análise de variância e ajuste do modelo linear. Para o RR foi possível correlacionar o método do extrato da pasta saturada com o da cápsula porosa. Para a variável pH não foram estabelecidas correlações significativas entre o método da pasta para nenhum dos métodos testados. Devido aos baixos valores de pH, encontrados nos solos estudados, não foram detectadas concentrações de carbonatos e bicarbonatos. Quanto ao Ψ_o , foi possível por meio de uma medida mais simples como a condutividade elétrica para os métodos centrifugação, cápsula porosa, extrato da pasta de saturação, e relação 1:2 com altos ajustes para todos os solos TX, GX, NX e LA e RR. Os menores ajustes foram encontrados nas relações 1:5 e 1:10. Quando o intuito for realizar um método rápido para fins de determinação de CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ , Cl^- , para os solos TX, GX, NX, LA e RR, recomenda-se a utilização da diluição 1:2. Para análise da condutividade elétrica e determinação dos íons (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^-) mais comumente encontrados em solos salinos, foi possível estabelecer regressões com altos ajustes entre os métodos avaliados centrifugação, cápsula porosa, relação solo:água nas diferentes proporções (1:2; 1:5:1:10) quando relacionado ao métodos padrão, para as principais classes de solos e assembléias mineralógicas do Estado de Pernambuco.

Palavras Chaves: Solução do solo. Condutividade elétrica. Composição iônica.

COMPARISON OF METHODS FOR EXTRACTION OF THE AQUEOUS PHASE OF SOILS OF MINERALOGIES DIFFERENT FROM PERNAMBUCO

ABSTRACT

The soil solution characterization is of fundamental importance to evaluate a series of processes inherent to the soil-plant system. In this sense, research comparing soil solution extraction methodologies and at the same time presenting practical and financial feasibility are required in the literature. The objective of this study was to compare the efficiency of different soil solution extraction methods in Soil classes representing representative mineralogical assemblages in the state of Pernambuco. The soil solution extraction methods were carried out using saturation paste, centrifugation, porous capsules and suspensions of soil: water (1: 2, 1: 5 and 1:10) in soils (Neossolo Regolítico (RR), Luvisolo Háplico (TX), Gleissolo Háplico (GX), Nitossolo Háplico (NX) and Latossolo Amarelo (LA)) for the horizon horizons (A horizon) and diagnoses. Relations between the five methods were established for the parameters: pH, electrical conductivity (CE), osmotic potential (Ψ_o), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ soluble, chloride, carbonate and bicarbonate. Data analysis was performed using Pearson correlation, analysis of variance and fit of the linear model. For the soils TX, GX, NX and LA, it was possible to find regressions with good adjustments for the methods (centrifugation and porous capsule) with the standard method (pulp extract) for the variables, CE, Ψ_o , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ and K^+ , Cl^- . The smallest adjustments were found in ratios 1: 5 and 1:10. When the purpose is to perform a rapid method for the determination of Na^+ , Ca^{+2} , K^+ , Na^+ , Cl^- , for the soils TX, GX, NX and LA and RR, the use of the 1: 2 dilution is recommended. For the analysis of the electrical conductivity and determination of the ions (Na^+ , Ca^{+2} , K^+ , Na^+ , Cl^-) more commonly found in saline soils, it was possible to establish regressions with high adjustments among the evaluated methods: centrifugation, porous capsule, different proportions (1: 2; 1:5; 1:10) when related to the standard methods, for the main classes of soils and mineralogical assemblages of the State of Pernambuco.

Key words: Soil solution. Electrical conductivity. Ionic composition. Soluble salts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquemática do ciclo da água em ambientes agrícolas (REICHARDT; TIMM, 2012).....	34
Figura 2 -	Mapa de localização dos solos coletados no Estado de Pernambuco ..	43
Figura 3 -	A) Colunas confeccionadas com tubo de PVC com diâmetro interno 100 mm e altura 200 mm; B) Colunas de PVC dispostas uma ao lado da outra, para posterior preenchimento com as amostras de solo com densidade próxima à encontrada em campo.....	49
Figura 4 -	Colunas de PVC preenchidas com solo durante o período de 24 horas esperando que o excesso de água tenha drenado por ação gravitacional..	50
Figura 5 -	A) Cotas da profundidade que foram instaladas as cápsulas porosas B) Bomba de vácuo utilizada no experimento.....	52
Figura 6 -	Esquemática do Processo de Centrifugação para obtenção da solução do solo.....	54
Figura 7 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na cápsula extratora (CE_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo	58
Figura 8 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação (Ca^{+2}_{es}) e a Ca^{+2} obtida na cápsula extratora (Ca^{+2}_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo	59
Figura 9 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação (Mg^{+2}_{es}) e a Mg^{+2} obtida na cápsula extratora (Mg^{+2}_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo	60
Figura 10 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^{+}_{es}) e a K^{+} obtida na cápsula extratora (K^{+}_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo	61
Figura 11 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^{+}_{es}) e a Na^{+} obtida na cápsula extratora (Na^{+}_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo	63
Figura 12 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^{-}_{es}) e a Cl^{-} obtida na cápsula extratora (Cl^{-}_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo	64

Figura 13 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na cápsula extratora (CE_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	68
Figura 14 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação (Ca^{+2}_{es}) e a Ca^{+2} obtida na cápsula extratora (Ca^{+2}_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	69
Figura 15 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação (Mg^{+2}_{es}) e a Mg^{+2} obtida na cápsula extratora (Mg^{+2}_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	70
Figura 16 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^{+}_{es}) e a K^{+} obtida na cápsula extratora (K^{+}_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	71
Figura 17 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^{+}_{es}) e a Na^{+} obtida na cápsula extratora (Na^{+}_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	72
Figura 18 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^{-}_{es}) e a Cl^{-} obtida na cápsula extratora (Cl^{-}_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	73
Figura 19 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na centrifugação (CE_{cen}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	74
Figura 20 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação (Ca^{+2}_{es}) e a Ca^{+2} obtida na centrifugação (Ca^{+2}_{cen}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	74
Figura 21 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação (Mg^{+2}_{es}) e a Mg^{+2} obtida na centrifugação (Mg^{+2}_{cen}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	75
Figura 22 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^{+}_{es}) e a K^{+} obtida na centrifugação (K^{+}_{cen}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	76
Figura 23 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^{+}_{es}) e a Na^{+} obtida na centrifugação (Na^{+}_{cen}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	76

Figura 24 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e a Cl^- obtida na centrifugação (Cl^-_{cen}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo	77
Figura 25 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na cápsula extratora (CE_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	81
Figura 26 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$) e a Ca^{+2} obtida na cápsula extratora ($\text{Ca}^{+2}_{\text{cp}}$), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	82
Figura 27 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação ($\text{Mg}^{+2}_{\text{es}}$) e a Mg^{+2} obtida na cápsula extratora ($\text{Mg}^{+2}_{\text{cp}}$), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	83
Figura 28 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^+_{es}) e a K^+ obtida na cápsula extratora (K^+_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	84
Figura 29 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^+_{es}) e a Na^+ obtida na cápsula extratora (Na^+_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	85
Figura 30 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e a Cl^- obtida na cápsula extratora (Cl^-_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	86
Figura 31 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na centrifugação (CE_{cen}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	87
Figura 32 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$) e a Ca^{+2} obtida na centrifugação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{cen}}$), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	88
Figura 33 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação ($\text{Mg}^{+2}_{\text{es}}$) e a Mg^{+2} obtida na centrifugação ($\text{Mg}^{+2}_{\text{cen}}$), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	88
Figura 34 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^+_{es}) e a K^+ obtida na centrifugação (K^+_{cen}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	89

Figura 35 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^+_{es}) e a Na^+ obtida na centrifugação (Na^+_{cen}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	90
Figura 36 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e a Cl^- obtida na centrifugação (Cl^-_{cen}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole	90
Figura 37 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na cápsula extratora (CE_{cp}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	95
Figura 38 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$) e a Ca^{+2} obtida na cápsula extratora ($\text{Ca}^{+2}_{\text{cp}}$), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	96
Figura 39 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação ($\text{Mg}^{+2}_{\text{es}}$) e a Mg^{+2} obtida na cápsula extratora ($\text{Mg}^{+2}_{\text{cp}}$), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	97
Figura 40 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^+_{es}) e a K^+ obtida na cápsula extratora (K^+_{cp}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	98
Figura 41 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^+_{es}) e a Na^+ obtida na cápsula extratora (Na^+_{cp}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	98
Figura 42 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e a Cl^- obtida na cápsula extratora (Cl^-_{cp}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	99
Figura 43 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na centrifugação (CE_{cen}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	101
Figura 44 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$) e a Ca^{+2} obtida na centrifugação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{cen}}$), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	101
Figura 45 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação ($\text{Mg}^{+2}_{\text{es}}$) e a Mg^{+2} obtida na centrifugação ($\text{Mg}^{+2}_{\text{cen}}$), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	102

Figura 46 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^{+}_{es}) e a K^{+} obtida na centrifugação (K^{+}_{cen}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	103
Figura 47 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^{+}_{es}) e a Na^{+} obtida na centrifugação (Na^{+}_{cen}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	104
Figura 48 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^{-}_{es}) e a Cl^{-} obtida na centrifugação (Cl^{-}_{cen}), horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo	104
Figura 49 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na cápsula extratora (CE_{cp}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	109
Figura 50 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação (Ca^{+2}_{es}) e a Ca^{+2} obtida na cápsula extratora (Ca^{+2}_{cp}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	109
Figura 51 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação (Mg^{+2}_{es}) e a Mg^{+2} obtida na cápsula extratora (Mg^{+2}_{cp}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	110
Figura 52 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^{+}_{es}) e a K^{+} obtida na cápsula extratora (K^{+}_{cp}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	111
Figura 53 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^{+}_{es}) e a Na^{+} obtida na cápsula extratora (Na^{+}_{cp}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	112
Figura 54 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^{-}_{es}) e a Cl^{-} obtida na cápsula extratora (Cl^{-}_{cp}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	113
Figura 55 -	A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na centrifugação (CE_{cen}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	114
Figura 56 -	A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação (Ca^{+2}_{es}) e a Ca^{+2} obtida na centrifugação (Ca^{+2}_{cen}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	115

Figura 57 -	A) Relação entre a magnésio extraída do extrato de saturação (Mg^{+2}_{es}) e a Mg^{+2} obtida na centrifugação (Mg^{+2}_{cen}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	116
Figura 58 -	A) Relação entre a potássio extraída do extrato de saturação (K^{+}_{es}) e a K^{+} obtida na centrifugação (K^{+}_{cen}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	116
Figura 59 -	A) Relação entre a sódio extraída do extrato de saturação (Na^{+}_{es}) e a Na^{+} obtida na centrifugação (Na^{+}_{cen}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	117
Figura 60 -	A) Relação entre a cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^{-}_{es}) e a Cl^{-} obtida na centrifugação (Cl^{-}_{cen}), horizonte A do Latossolo. E B) do horizonte Bw do Latossolo	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classes de solo, horizontes, municípios e coordenadas dos perfis de solos estudados	44
Tabela 2 -	Características físicas dos solos utilizados nos experimentos.....	45
Tabela 3 -	Características Químicas dos solos estudados	46
Tabela 4 -	Caracterização dos sais solúveis do extrato da pasta de saturação	47
Tabela 5 -	Classificação mineralógica da fração argila dos perfis de solos estudados	48
Tabela 6 -	Esquematização do processo de Centrifugação para obtenção da solução do solo	49
Tabela 7 -	Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e os métodos de extração da solução do solo: cápsula porosa (CP), relações solos: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH, Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR).....	58
Tabela 8 -	Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e C, Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR).....	66
Tabela 9 -	Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e os métodos de extração da solução do solo: cápsula porosa (CP), centrifugação, relações solos: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH, Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GX).....	67
Tabela 10 -	Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Cg, Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GX).....	78
Tabela 11 -	Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e os métodos de extração da solução do solo: cápsula porosa (CP), centrifugação, relações solos: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH, Luvisolo Háplico Órtico típico (TX)	80

Tabela 12 -	Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Bt, Luvissole Háplico Órtico típico (TX).....	91
Tabela 13 -	Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e os métodos de extração da solução do solo: cápsula porosa (CP), centrifugação, relações solos: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH, Nitossolo Háplico Distrófico típico (NX)	94
Tabela 14 -	Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Bt, Nitossolo Háplico Distrófico típico (NX).....	105
Tabela 15 -	Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e os métodos de extração da solução do solo: cápsula porosa (CP), centrifugação, relações solos: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH, Nitossolo Háplico Distrófico típico (NX)	108
Tabela 16 -	Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Bt, Nitossolo Háplico Distrófico típico (NX).....	119
Tabela 17 -	Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre a CE e o Potencial osmótico para os métodos do extrato da pasta de saturação (método padrão), cápsula porosa, centrifugação, relações solo: água 1:2; 1:5 e 1:10.....	120
Tabela 18 -	Relação entre a condutividade elétrica e o potencial osmótico em dois horizontes para as cinco classes de solos estudados.....	123

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	29
1.1 Hipóteses.....	31
1.2 Objetivo Geral.....	31
1.3 Objetivo específico	31
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
2.1 Solução do solo.....	32
2.2 Importância de estudos com solução do solo.....	33
2.3 Métodos para extração da água no solo	36
2.3.1 Pasta de Saturação.....	36
1.3.2 Cápsula porosa	37
1.3.3 Relação Solo: Água.....	38
1.3.4 Centrifugação	39
2.4 Classes de solos de Pernambuco e suas mineralogias	40
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1 Seleção e localização das áreas de estudo.....	43
3.2 Análises para caracterização dos solos	44
3.2.1 Análises Físicas	44
3.2.1 Análises químicas.....	45
3.2.1 Caraterização da solução do solo	47
3.3 Análises mineralógicas	47
3.4 Montagem do Experimento	48
3.5 Métodos de extração da solução do solo	51
3.5.1 Extração por Cápsula Porosa.....	51
3.5.2 Extração por pasta de saturação	53
3.5.3 Extração por Centrifugação.....	53
3.5.4 Extração por relação solo: água	55
3.6 Variáveis utilizados para comparação entre os métodos de extração.....	55
3.7 Análise das variáveis avaliadas.....	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1 pH, CARBONATOS E BICARBONATOS	57
4.2 Experimento: Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR).....	57

4.2.1 Cápsula Porosa para extração da solução do solo em um Neossolo Regolítico Eutrófico típico.....	58
4.2.2 Centrifugação para extração da solução do solo em um Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR).....	65
4.2.3 Relação solo água para extração da solução do solo em Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR).....	65
4.3 Experimento: Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico	67
4.3.1 Cápsula Porosa para extração solução em Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GX)	68
4.3.2 Centrifugação para extração solução do solo em Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GX).	73
4.3.3 Relação solo água para extração solução do solo em Gleissolo Háplico Tb Distrófico tiônico (GX) em dois horizontes.....	77
4.4 Experimento: Luvisolo Háplico Órtico típico (TX).....	79
4.4.1 Cápsula Porosa para extração de solução de um Luvisolo Háplico Órtico típico ..	80
4.4.2 Centrifugação para extração de solução de um Luvisolo Háplico Ortico típico (TX)	86
4.4.3 Relação Solo: Água para extração solução do Luvisolo Háplico Órtico típico	91
Luvisolo Háplico Órtico típico	91
4.5 Experimento: Nitossolo Háplico Distrófico típico	93
4.5.1 Cápsula Porosa para extração de um Nitossolo Háplico Distrófico típico	94
4.5.2 Centrifugação para extração solução de um Nitossolo Háplico Distrófico típico .	100
4.5.3 Relação Solo: Água para extração solução de um Nitossolo Háplico Distrófico típico.....	106
4.6 EXPERIMENTO: Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico	109
4.6.1 Cápsula Porosa para extração da solução do Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (LA).....	109
4.6.2 Centrifugação para extração da solução de um Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (LA).....	115
4.6.3 Relação Solo: Água para extração solução de um Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico.....	120
4.7 Potencial Osmótico nas diferentes Classes de Solo em Pernambuco	121
5. CONCLUSÕES	126

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
7. REFERÊNCIAS	128
APÊNDICE – Quantidade de Sais utilizada para o preparo das soluções.....	137

1. INTRODUÇÃO GERAL

A caracterização das fases sólida (mineral e orgânica), gasosa e líquida do solo é de grande relevância para que se possa inferir sobre uma série de atributos do mesmo. Enquanto a fase sólida mineral apresenta maior resistência à mudança na composição primária (areia, silte e argila), as fases gasosa e líquida, apresentam-se bastante variáveis.

O conhecimento da composição química da solução do solo é de fundamental importância para o monitoramento da disponibilidade de nutrientes para as plantas, uma vez que, visa racionalizar o uso de adubação, evitando dessa forma, perdas de produção agrícola e gastos excessivos com fertilizantes e, também, processos de contaminação ambiental, como a salinização e a poluição por metais pesados no solo.

A extração da fase aquosa do solo, e consequente caracterização química, é um ramo da Ciência do Solo que ainda carece de informações mais refinadas, principalmente no que concerne aos métodos de extração. Diferentes técnicas ao longo dos anos têm sido testadas, a exemplo da centrifugação (GILLMAN et al., 1976; ELKHATIB et al., 1986; ADAMS et al., 1980; PÉREZ; CAMPOS, 2003; FRATERS et al., 2017; SOMAVILLA; DESSBESELL; SANTOS, 2017), relação solo:água (SONMEZ et al., 2008; HERRERO; WEINDORF; CASTAÑEDA, 2015), extrato da pasta de saturação (RICHARDS 1954) e extratores munidos de cápsulas porosas (DIAS et al., 2005; SOUZA et al., 2013).

O método do extrato da pasta de saturação é tido como padrão para extração da solução do solo e é o mais difundido no Brasil. Entretanto, requer um sistema de filtração a vácuo; não mantém a estrutura do solo e, conseqüentemente, sua porosidade; além de ser subjetivo com relação ao ponto indicador de saturação do solo, tem lenta extração e requer grande quantidade de amostra de solo (SOUZA et al., 2013).

Para extração da solução do solo através das diferentes proporções solo: água, não são necessários equipamentos sofisticados, como por exemplo, um sistema de extração a vácuo, Pode-se afirmar que a obtenção de extratos da relação solo: água é a maneira bem mais rápida e prática quando comparado ao método estabelecido por Richards (1954) (Extrato da pasta de saturação). Entretanto, a questão que permeia esse método no meio científico é a necessidade de modelos matemáticos com boa precisão entre os extratos de relação solo: água e o método padrão, que deve servir de bases para estimação dos resultados.

A centrifugação é um método de extração do solo rápido e normalmente apresenta menor variabilidade dos resultados. No entanto, pouca quantidade de solução extraída têm sido um dos entraves desse método (PEREZ; CAMPOS 2003). Os extratores munidos de cápsulas

porosas têm sido amplamente recomendados, tendo em vista a boa relação entre o custo e a precisão do método (SOUZA et al., 2013) e, também, devido ao fato de que as variáveis obtidas refletem as condições reais em que a planta se desenvolve.

Diante de tantos métodos, ainda não há consenso geral sobre uma técnica universal adequada para a maioria das condições de solo em condições de campo ou laboratório. Cada técnica apresenta vantagens e desvantagens, podendo apresentar, resultados diferentes a depender das características do solo e a forma com que interage com a solução. Nesse sentido, em virtude da grande variedade de fatores encontrados no solo e nas soluções é necessário que sejam avaliados a eficiência dos métodos em uma maior amplitude de solos, uma vez que a fase aquosa do solo está em constante interação com os constituintes minerais.

O objetivo deste estudo é avaliar, comparar e estabelecer relações entre quatro métodos de extração da solução do solo (pasta de saturação, cápsulas porosas, centrifugação e relação solo: água) em cinco classes de solos do Estado de Pernambuco, representativos quanto à mineralogia. Esse trabalho preencherá uma lacuna que existe em pesquisas que envolve métodos de extração da solução do solo haja vista sua importância ambiental.

1.1 Hipóteses

É possível estabelecer correlações significativas entre os métodos de extração da solução do solo e o método do extrato da pasta saturada (Método Padrão) de modo a simplificar a determinação do pH, CE, Ψ_o , e de ions solúveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- e CO_3^- .

1.2 Objetivo Geral

Comparar a eficiência de diferentes métodos (centrifugação, cápsulas extratoras porosas, suspensões de relação solo: água) de extração da solução do solo com o método do extrato da pasta de saturação (método padrão) em solos com diferentes mineralogias, representativas do estado de Pernambuco.

1.3 Objetivo específico

Estabelecer relações entre os diferentes métodos avaliados, utilizando como variáveis a condutividade elétrica, potencial osmótico, cátions e ânions solúveis em horizonte superficial e subsuperficial diagnóstico de solos com distintas composições mineralógicas, no estado de Pernambuco;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Solução do solo

Define-se solo como, coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS et al., 2018). Logo, o solo é um sistema trifásico, porque, sendo poroso, admite a presença de gases e água em contato direto com as partículas do solo.

A fase líquida que ocupa o espaço poroso é resultado da diferença entre o que entra (chuva ou irrigação) e o, que volta para atmosfera (evaporação, transpiração), além dos fluxos subsuperficiais da água em direção às áreas cotas mais baixas, alimentando diretamente rios, lagos, restingas, mangues e o oceano, ou infiltrando até atingir o lençol freático ou os aquíferos (DINKA et al., 2013). Segundo Perez e Campos (2003), após as vias de saídas de água o que fica retido no solo varia de 0,0005 a 0,001 % do total de água existente no sistema, quantidade pequena em relação ao todo, entretanto de extrema importância para manutenção da vida na Terra (Figura 1)

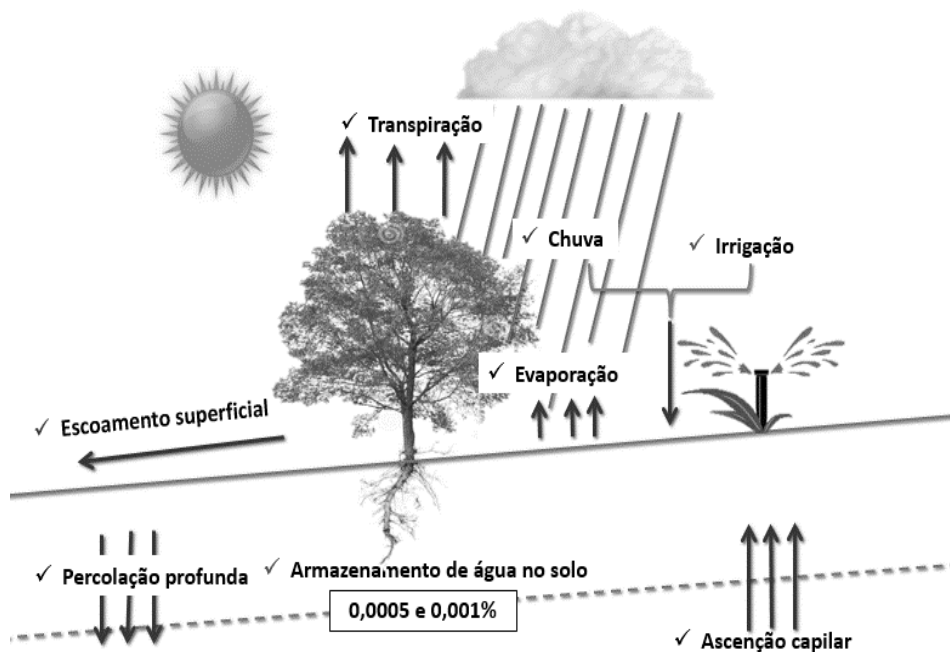


Figura 1. Esquematização do ciclo da água em ambientes agrícolas (REICHARDT; TIMM, 2012)

De acordo com Perez et al. (2015) quando se refere a fase líquida do solo, deve-se levar em consideração dois aspectos: i) quantitativo, quantidade de água existente no solo, seu movimento em função de gradientes de energia e permeabilidade do solo, e ii) qualitativo, composição da solução do solo, que envolve uma série de solutos com naturezas distintas.

Ritchie e Sposito (1995), conceitua solução do solo como sendo, o meio através do qual espécies químicas dissolvidas chegam até à superfície da raiz e podem ser carregadas para águas subterrâneas ou superficiais. Está em contato com a fase sólida do solo e com outros componentes envolvidos na ciclagem biogeoquímica. É o local onde há ocorrência das reações químicas no solo, meio natural de crescimento das plantas e abriga as frações químicas dos elementos imediatamente disponíveis no ambiente (WOLT, 1994).

Um conceito mais amplo identifica a solução do solo como um sistema aberto e multicomponente em equilíbrio dinâmico com a biosfera, atmosfera e hidrosfera, modificando sua composição ao trocar matéria e energia com esses compartimentos; multicomponente, compõem-se de várias substâncias, compreendendo compostos inorgânicos e orgânicos (MELLO; PEREZ, 2009).

Na interface sólido-líquido ocorrem mudanças constantes na composição, como resultado da troca de energia com o sistema que a circunda (MELLO; PEREZ, 2009). Em condições de pH próximo a neutralidade, a solução do solo tem como principais íons: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Fe^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} e $\text{Si}(\text{OH})_4$, (MEURER; ANGHINONI, 2012), em condições mais ácidas as concentrações de Cd^{2+} , Ni^{2+} e Zn^{2+} aumentam na solução do solo e à medida que o pH aumenta, essas proporções diminuem (REN et al., 2015; SCHNEIDER et al., 2016). Em ambientes salinos os solutos inorgânicos encontrados são Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- e CO_3^{2-} (FREIRE; PESSOAL; GHEYI, 2016).

Não apenas o pH, mas outros fatores estão interligados com a solução do solo e exercem influência na composição e dinâmica da mesma, exemplo da mineralização ou imobilização de nutrientes, controlados por microrganismos do solo (BARRETO et al., 2008; HEUCK; WEIG; SPOHN 2015); absorção, exsudação e excreção de solutos e substâncias orgânicas pelas raízes das plantas (NOLLA et al., 2007) e práticas de manejo (SPERA et al., 2014a; SPERA et al., 2014b).

2.2 Importância de estudos com solução do solo

Através do estudo da solução do solo é possível monitorar a lixiviação de NO_3^- e NH_4^+ (GLOAGUEN et al., 2009; SILVA et al., 2017), de elementos-traço metálicos (COSCACIONE

2014; HANSEN et al., 2018), compostos orgânicos (RENNERT et al., 2010; SCHNEIDER et al., 2016), salinidade (DIAS et al., 2005), fertilidade do solo e nutrição de plantas (OLIVEIRA et al., 2015; SILVA JÚNIOR et al., 2016). Uma vez que, visa racionalizar o uso de adubação, evitando desequilíbrios nutricionais, e diminuir os riscos de salinização causado pelo uso excessivo de fertilizantes.

Os estudos de monitoramento da salinidade nos solos têm se tornado cada vez mais comuns, visto que, em muitas regiões podem esta propensas a desenvolver solos salinos as causas podem ser: *i*) naturais, como o intemperismo do material de origem e posterior disponibilização de sais para a solução do solo, ou *ii*) que ocorre mediante salinização antrópica ou secundária (PEDROTTI et al., 2015), como por exemplo, a salinização em função do excesso de fertilizantes aplicados via água de irrigação ou proveniente da utilização de águas salinas oriundas de poços (DIAS et al., 2005) ou residuárias (PINTO et al., 2016).

Solos salinos, constitui sério obstáculo ao sistema de produção agrícola (MARQUES, 2018), o processo de salinização envolve a concentração de sais solúveis na solução do solo, nesses ambientes são comumente encontrados: cloretos e sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , sendo os carbonatos e nitratos em quantidades reduzidas (PEDROTTI et al., 2015).

A identificação dos solos afetados por sais se baseia em uma série de observações e estudos da área, incluindo-se a observação de características visuais de campo e através do conhecimento da química do solo, através deste monitoramento é possível adotar de técnicas de recuperação de áreas salinas e também, estabelecer uso e manejo de uma maneira eficiente e sustentável (DIAS et al., 2005). Entretanto, necessita-se que os testes sejam rápidos e precisos para melhores diagnósticos (QUEIROZ et al., 2016).

A variável condutividade elétrica (CE) tem sido amplamente utilizada em estudos sobre salinidade. A relação linear empírica que surge entre CE e a concentração iônica total ou teor de sal explica esse uso (RELUY et al., 2004). Esta propriedade permite conhecer a concentração de íons da solução (FERREIRA; SILVA; RUIZ, 2016), pois está relacionada ao total de sais dissolvidos. A medição do pH da solução do solo tem se tornado, assim como a CE, uma avaliação comum, quando visa monitorar as concentrações de íons na solução do solo. O pH refere-se a atividade do íon H^+ na solução (RICHARDS, 1954).

Silva Junior et al. (2016), constataram que através do monitoramento da concentração de íons H^+ presentes na solução do solo e da condutividade elétrica, foi possível obter níveis de adubação adequados para a cultura da melancia. Para Oliveira et al. (2017), além desses parâmetros a concentração de íons visa estabelecer um melhor equilíbrio iônico, permitindo

administrar a fertirrigação ao longo do ciclo da cultura, resultando em maiores desenvolvimento das plantas. Resultados semelhantes foram observados com: melão rendilhado (DIAS et al., 2006) tomate (MEDEIROS et al., 2012), pimentão (OLIVEIRA et al., 2015) e beterraba (SILVA et al., 2015).

Carneiro et al. (2017) propuseram a dose de 74,24 g planta⁻¹ de sulfato de potássio (K₂SO₄) para o cultivo de manga, cv. Tommy Atkins, após perceberam, em experimento, que a adubação com doses de KCl (cloreto de potássio) resultam em maiores CE do solo em comparação com a fertirrigação com K₂SO₄, além de menor desenvolvimento da cultura. Um outro benefício obtido através do monitoramento da CE, foi a diminuição de lâminas de lavagem de manutenção, uma vez que, controlada a CE para uma faixa determinada, diminui desperdícios de água, energia e fertilizantes (SILVA JUNIOR et al., 2016).

Ambientes salinos apresentam características no solo que impendem o crescimento vegetativo natural, em razão do aumento do potencial osmótico do solo, uma vez que o excesso de íons limita a capacidade de absorção de água e nutrientes essenciais, para a maioria das culturas. Existe ainda a toxidez por sódio, boro, bicarbonatos e cloretos, que em concentração elevada causam distúrbios fisiológicos nas plantas (PEDROTTI et al., 2015; FREIRE; PESSOAL; GHEYI, 2016), com exceção das halófitas (plantas adaptadas e tolerantes à salinidade) (DIAS et al., 2016).

A variável, potencial osmótico (Ψ_o), é outra forma de avaliar a salinidade, refere à quantidade de solutos na solução do solo, os quais reduzem o potencial hídrico da solução, causando diminuição da disponibilidade de água para a planta (JONES, 1992). Souza et al. (2013) recomendam incluir o Ψ_o nos estudos de salinidade, devido possibilitar a avaliação do risco dos sais para o sistema solo-planta.

O uso do Ψ_o , por não ser interferido pela natureza dos íons torna-se importante, uma vez que a CE é uma medida muito variável e dependente das espécies químicas envolvidas na solução do solo (MAIA et al., 2013), um dos entraves para determinação dessa variável é a sua aferição necessita-se do osmômetro, que não é um equipamento comumente encontrado na maioria dos laboratórios de análise de solo e água do Brasil, ao contrário da condutividade elétrica que requer um equipamento mais simples, como o condutivímetro.

Souza et al. (2013) e Maia et al. (2013) encontraram valores de potencial osmótico do extrato de saturação a partir de medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação, para amostras de Neossolo Flúvico.

Assim, como para salinidade, o monitoramento por meio da condutividade elétrica e potencial osmótico em ambientes onde são utilizados rejeitos ou resíduos, faz-se necessário.

Diante da importância da solução do solo, métodos que avaliem a extração da solução e sua dinâmica apresentam relevância na literatura.

2.3 Métodos para extração da água no solo

A extração da fase aquosa do solo e consequente caracterização (conhecimento da composição e dinâmica da solução) é um ramo da Ciência do Solo que ainda carece de informações refinadas, principalmente no que concerne aos métodos de extração (GLOAGUEN et al., 2009; SOUZA et al., 2013; HERRERO; WEINDORF; CASTAÑEDA, 2015; FRATERS et al., 2017), diferentemente da fase sólida mineral que é facilmente estudada por ser mais estável, uma vez que apresenta uma maior resistência à mudança na composição primária (areia, silte e argila) e também porque quase todo comportamento físico-químico do solo é controlado por esta fase.

As metodologias de extração da solução do solo necessitam de uma boa execução, haja vista, que dificilmente será possível simular a condição real de campo devido à dinâmica dessa variável. Para isso diferentes métodos de coleta da solução do solo têm sido propostos, afim de realizar a determinação dos cátions e ânions solúveis, bem como da concentração eletrolítica e do pH (SOMAVILLA; DESSBESELL; SANTOS, 2017).

Diferentes métodos de coleta da solução do solo têm sido propostos, podendo ser agrupados em: (1) métodos *in situ*: cápsulas extratoras porosas (LAO et al., 2003), lisímetro monolítico, lisímetro de tensão, lisímetro de Ebermayer, amostrador de solução do tipo Rhizon (2) métodos de laboratório *ex situ*: pasta de saturação, até o momento, é considerado como padrão (RICHARDS, 1954), centrifugação (ADAMS et al., 1980), suspensões de relação solo:água (RICHARDS, 1954), colunas de deslocamento, membranas de extração. Todos apresentando diferentes aplicações e limitações, dependendo do objetivo e grau de exatidão exigido nos estudos.

2.3.1 Pasta de Saturação

O método de extração após a preparação extrato da pasta saturada é utilizado mundialmente para estudos de salinidade do solo. No método do extrato da pasta de saturação, uma pasta de solo é preparada adicionando lentamente água destilada a uma amostra de solo, mexendo com a espátula para distribuir bem a umidade, até que toda a amostra esteja saturada. Este ponto é identificado quando o solo apresentar aspecto brilhante, sem lâmina de água sobre

a superfície e, ao se tomar uma sub amostra na extremidade da espátula esta não se adere e desliza facilmente na lâmina (RICHARDS, 1954).

A quantidade de água necessária para preparar a pasta saturada admitindo a densidade da água de 1 g cm^{-3} , é informada como cm^3 de água por 100 g de solo, ou seja, na base de massa (m/m). Essa quantidade, ou seja, a porcentagem de saturação (PS), depende da composição textural do solo, da mineralogia da argila e do conteúdo de matéria orgânica (HERRERO; WEINDORF; CASTAÑEDA, 2015).

De acordo com Freire, Pessoal e Gheyi (2016) para a obtenção do extrato da pasta saturada é necessário um conhecimento prévio da massa de solo e da quantidade de análises que serão realizadas, para que a quantidade da alíquota extraída seja suficiente. Caso sejam, previstas titulações, será necessário um maior volume de extrato. Para análises por absorção atômica, serão necessárias menores alíquotas serão utilizadas.

Antes da extração, a pasta saturada do solo deve permanecer de 4-16 horas, em repouso, antes de extrair a solução pelo sistema de sucção. Este método não mantém a estrutura do solo e dilui a solução do solo como resultado da adição de água (RICHARDS, 1954).

O conteúdo de água no solo em saturação é uma propriedade intrínseca do solo, que depende essencialmente da textura, teor de matéria orgânica e mineralogia. Dessa forma, a quantidade de água necessária para preparar a pasta de saturação varia de acordo com a classe de solo, podendo resultar em maiores e menores diluições alterando os resultados finais (VISCONTI; PAZ; RUBIO, 2010).

2.3.2 Cápsula porosa

Os extratores munidos de cápsula porosa são conjuntos constituídos por um tubo de PVC, acoplado a uma cápsula de cerâmica porosa em sua extremidade inferior, na parte superior, vedado com uma borracha especial de silicone (LIMA, 2009).

É considerado um dos principais instrumentos que visam monitorar as concentrações de íons do solo em condições de campo. Destaca-se pela praticidade em campo, baixo custo e fácil manejo (MEDEIROS, 2010). Rennert et al. (2010) consideram que para monitoramento de contaminantes inorgânicos em solos sujeitos a inundações, a coleta da solução do solo por um método não destrutivo, fornece uma alíquota mais realista da fase aquosa. O método também é empregado muito usado em trabalhos que envolvam o sistema solo água planta, uma vez que a solução é extraída no local de desenvolvimento da mesma (OLIVEIRA et al., 2011).

Souza et al. (2013) ao comparar diferentes métodos de extração da solução em um Neossolo Flúvico, concluíram que o uso de extratores munidos de cápsulas porosas apresenta-se como uma alternativa viável.

Costa et al. (2000) avaliaram a extração de potássio (K^+) e de sódio (Na^+) por três tipos comerciais de cápsula de cerâmica porosa, e concluíram que há diferenças entre as soluções extraídas para cada modelo de cápsula porosa, chegando a recomendar um modelo mais adequado para a extração desses íons. A necessidade de calibração para uso das mesmas, bem como, as correções de umidade que devem ser realizadas para cada variável analisada, levando em consideração tanto a umidade atual no momento da extração, com a umidade do extrato da pasta de saturação (SOUZA et al., 2013).

Souza et al. (2013) observaram que ao corrigir os valores de CE em função da umidade, foi possível recomendar o uso das cápsulas porosas em relação ao método padrão (extrato da pasta de saturação). Ainda de acordo com os autores, quando não é realizada a correção, os valores são superestimados, uma vez que a umidade no momento da extração da solução do solo via cápsula possui menor umidade, em relação à condição de solo na pasta de saturação. Entretanto, os autores avaliaram apenas uma classe de solo de Pernambuco, no caso o Neossolo Flúvico Isso reforça a necessidade de pesquisas em outros solos.

2.3.3 Relação Solo: Água

Diante das dificuldades encontradas para determinar o ponto de saturação apropriado na preparação da pasta de saturação para obtenção da solução do solo e também que nem todo o laboratório dispõe de um sistema de extração a vácuo, têm sido estudados diversos extratos aquosos obtidos de relação solo:água 1:2, 1: 2,5, 1: 5, 1:10 (WOLT, 1994; SOUZA et al., 2013; COSCIONE et al., 2014; HERRERO; WEINDORF; CASTAÑEDA, 2015).

O uso do método relação solo:água é uma alternativa viável para trabalhos que envolvam grandes levantamentos ou trabalhos de grande extensão espacial e temporal, que necessitem de determinações seriadas, uma vez que o processo de extração da pasta saturada é lento (extração da solução pelo vácuo pode durar mais de uma hora) (HERRERO; WEINDORF; CASTAÑEDA, 2015).

Segundo Freire, Pessoal e Gheyi (2016), anteriormente ao preparar extratos solo:água em diferentes proporções, deve-se ter equações que possam correlacionar os resultados desses extratos e os resultados da pasta de saturação. Apenas assim, ao se determinar a condutividade

elétrica (CE) nos referidos extratos, poderia ser estimada a CE correspondente no extrato de saturação, permitindo a classificação da salinidade do solo conforme o padrão (RICHARDS, 1954).

A utilização deste método tem possibilitado determinar os valores de condutividade elétrica (CE) devido à forte correlação entre a CE do extrato do solo e a força iônica da solução, permitindo a predição de quantidades relativas de cátions na solução, variáveis importantes nos estudos de nutrição de plantas (FREIRE; PESSOAL; GHEYI 2016).

Vale salientar que, quanto menos água é utilizada em relação ao solo para a preparação do extrato, mais os resultados se aproximam da concentração dos sais no campo, os quais estarão atuando diretamente sobre o desenvolvimento vegetal. Contudo, devido às dificuldades de extração, é possível trabalhar apenas com suspensões mais diluídas. A relação solo-água a ser escolhida vai depender da finalidade das determinações, da precisão requerida, das condições de extração e da infraestrutura disponível.

Na Austrália e China, a proporção de 1: 5 é o método preferido para a determinação da CE do solo (CHI; WANG, 2010). Herrero, Weindorf e Castañeda (2015) e Visconti, Paz e Rubio (2010) sugerem para solos hipersalinos a adoção de extrato aquoso na proporção 1:5 como um padrão para a expressão da salinidade do solo em vez da pasta de saturação (método padrão mais usual).

2.3.4 Centrifugação

O método de centrifugação utilizado para investigar as propriedades químicas da solução do solo (PEREZ; CAMPOS 2003; GEIBE et al. 2006; SOMAVILLA; DESSBESELL; SANTOS, 2017). Atualmente tem sido muito utilizado para monitorar lixiviação de solutos em zonas insaturadas (FRATERS et al., 2017).

A centrifugação é um método considerado fácil, onde as amostras são equilibradas com água destilada em tubos plásticos. Após o equilíbrio as amostras são levadas a uma centrifuga por 60 minutos (MEURER; ANGHINONI, 2012). O momento do equilíbrio e o quanto de umidade fica na amostra, já altera a composição e a condutividade elétrica das amostras (GILLMAN, 1976). Um inconveniente do método é o volume extraído, muita vezes insuficiente para a realização de algumas análises, como por exemplo, a titulação para determinação de cloreto. Somavilla, Dessbesell e Santos (2017) tentando aumentar o volume de amostra obtida,

confecciona um tubo de extração com PVC, estabelecendo um método rápido e econômico para obter a solução do solo.

No entanto, apresentam vantagens metodológicas, como por exemplo, a otimização do tempo, visto que, a centrífuga possui um compartimento onde pode ser colocados vários tubos, desta forma um grande número de amostras podem ser analisados (GOFFAU et al., 2012).

As metodologias de extração da solução do solo necessitam de uma boa execução, haja vista, que dificilmente será possível simular a condição real de campo. Assim, os métodos para extrair a fase aquosa do solo requerem critérios e condições específicas (MEURER; ANGHINONI, 2012). O tempo de extração é uma variável que requer avaliação por interferir na composição química original (WOLT, 1994; FRATERS et al., 2017)

2.4 Classes de solos de Pernambuco e suas mineralogias

O Estado de Pernambuco está localizado na Região Nordeste do Brasil e situa-se entre os meridianos de 34° 48' 35" e 41° 19' 54" de longitude Oeste de Greenwich e os paralelos de 7° 15' 45" e 07° 15' 45" e 09° 28' 18" de latitude Sul. A longa extensão de Leste a Oeste do estado compreende as zonas fisiográficas do Litoral-Mata, Agreste e Sertão, com as quais se observam variações no clima, relevo, altitude, vegetação e geologia. Como consequência, observa-se no estado uma ampla variedade de solos: Latossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos e Neossolos, Nitossolos, Chernossolos, Cambissolos, Espodossolos, Vertissolos, Gleissolos e Plintossolos (ARAÚJO FILHO et al., 2014).

O semiárido pernambucano engloba o Sertão com 68.535 km² e o agreste com 17.970 km², ou seja, 86.505 km² do estado é ocupado pelo ambiente semiárido (Governo do Estado de Pernambuco). Segundo Santos et al. (2012) os solos da região semiárida pernambucana são pouco evoluídos e pouco profundos, com presença de minerais facilmente alteráveis nas frações mais grossas e argilominerais mais comuns são do tipo 2:1.

No ambiente semiárido, além dos óxidos de ferro, por vezes ocorrem carbonatos e sais solúveis, devido às baixas precipitações pluviais e às elevadas taxas de evapotranspiração (ARAÚJO FILHO, 2014). Os solos mais comumente encontrados no semiárido pernambucano são: Planossolos, Vertissolos, Luvisolos, Cambissolos e os Neossolos (JACOMINE, 1996).

Santos et al. (2012) caracterizaram Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco e observaram que o argilomineral caulinita ocorreu em todas as amostras. Os

autores também observaram que em áreas com material de origem granítico a monossialitização é o principal processo na formação de solos dessa região, a despeito do conceito generalizado de que esses solos sob condições de mais secas estão normalmente submetidos a processos de bissialitização.

Câmera (2016), caracterizando Luvisolos da região de Cabrobó, observou a presença marcante de hematita e goethita, juntamente com o argilomineral 2:1. Alguns minerais com estrutura 2:1 tem capacidade de se expandir e expor os espaços entre camadas ao meio o que aumenta bastante a área superficial específica (ASE) e, conseqüentemente, as forças de coesão e adesão (AZEVEDO; VITAL-TORRADO, 2009).

A zona Litoral-Mata de Pernambuco, a menor das três regiões fisiográficas do estado de Pernambuco, com uma área um pouco superior a 11.000 km², apresenta clima tropical sub-úmido (Zona da Mata Norte) e úmido (Zona da Mata Sul) (Governo do Estado de Pernambuco). Nessa região, onde o intemperismo químico é mais intenso, destacam-se solos bem desenvolvidos, principalmente das classes Latossolos e Argissolos (ARAÚJO FILHO et al., 2014).

Segundo Araújo Filho (2014), fazem parte da assenbléia mineralógica, seja na fração argila ou mais grossa, os óxidos de ferro (óxidos, hidróxidos, oxidróxidos) e, muito raramente, os de alumínio (gibsite). A predominância de óxidos de ferro na fração argila, é devido ao alto estágio de intemperismo dos mesmos ocasionado pelo clima tropical. No solo, a presença de óxidos de ferro, determina, a cor e influenciam a estrutura, consistência, infiltração e retenção de água e reações de troca iônica (COSTA; BIGHAM 2009).

Os solos das classes dos, Nitossolos, Chernossolos, Cambissolos, Espodossolos, Gleissolos e Vertissolos possuem baixa expressão geográfica, segundo Araújo Filho et al. (2014) em conjunto, somam 4% da área.

Nas áreas baixas do litoral, devido à permanência do lençol freático elevado durante parte significativa do ano, é favorecido a ocorrência de um ambiente redutor, resultando na, remoção de óxidos de ferro. Nestas áreas são comuns a formação de Gleissolos.

Lemos (2013), caracterizando Gleissolos com e sem tiomorfismo da região litorânea do estado de Pernambuco, observou minerais primários (quartzo e feldspato) e filossilicatos do tipo 1:1 (caulinita) e 2:1 (ilita e esmectita), além de formas de óxidos e oxihidróxidos de baixa cristalinidade estando condizente com o ambiente de hidromorfismo.

No Litoral Sul do Estado de Pernambuco, Neves et al. (2018) observou que os solos desenvolvidos de basalto na região da mata atlântica do estado de Pernambuco apresentam alta

relação Goethita/Hematita conferindo-lhes cores brunadas independente da predominância de caulinita na fração argila.

A fase aquosa do solo está em constante interação com os constituintes minerais do mesmo. Nesse seguimento, grande parte das reações químicas que ocorrem nesse sistema, advém da inter-relação da solução do solo com o componente sólido (orgânica e mineral)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Seleção e localização das áreas de estudo

Para a comparação entre os métodos de extração da solução do solo foram coletadas amostras deformadas de cinco classes de solos do estado de Pernambuco, e horizontes superficiais e subsuperficiais.

Os solos coletados foram classificados como: Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR) (SANTOS, 2012), Gleissolo Háplico Tb Distrófico (GX) (LEMOS, 2013), Luvisolo Háplico Órtico típico (TX) (CÂMARA, 2016), Nitossolo Háplico Distrófico típico (NX) (NEVES, 2018), Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (LA) (ARAÚJO, 2014) (Figura 2 e Tabela 1). A seleção dos solos se deu pela diversidade de ambientes e da mineralogia dos mesmos, procurando abranger diferentes assembléias mineralógicas do Estado de Pernambuco.

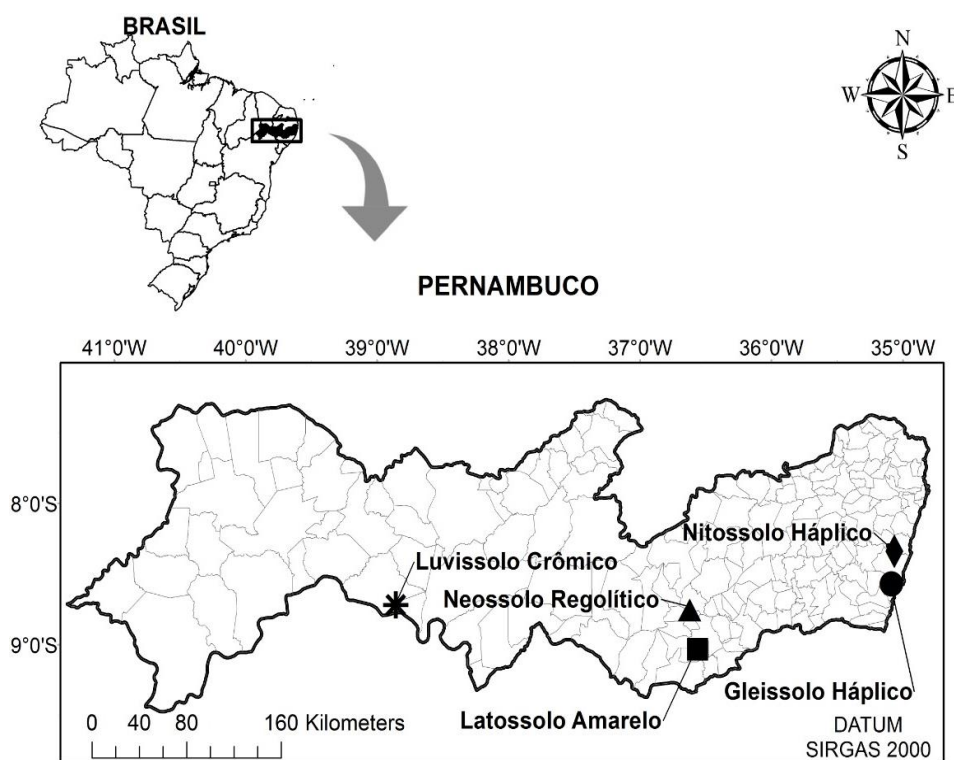


Figura 2. Mapa de localização dos solos coletados no Estado de Pernambuco

Tabela 1. Classes de solo, horizontes, municípios e coordenadas dos perfis de solos estudados

Classificação	Horizonte/ Profundidade	Município	Coordenadas Geográficas
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	A (0 - 40 cm)	Caetés	08° 46' 21" S
	C (40 - 70 cm)		36° 37' 21" W
Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico	A (0-10 cm)	Sirinhaém	08°34'20,1" S
	Cg (35-60 cm)		35° 04'51,2" W
Luvissole Háptico Órtico Típico	A (0-10 cm)	Itacuruba	08°43'53,2" S
	Bt (30-48 cm)		38°51'16,7" W
Nitossolo Háptico Distrófico típico	A (0-30 cm)	Sirinhaém	08°34'38,4" S
	Bt (+55 cm)		35°05'50,5" W
Latossole Amarelo Distrocoeso húmico	A (0-40 cm)	Brejão	07° 32' 12" S
	Bw (+185 cm)		37° 13' 69" W

As amostras coletadas foram secas ao ar, peneiradas em malha de 4 mm com o objetivo de preservar a microagregação do solo, depois homogeneizados e quarteados. No quarteamento foi retirada uma subamostra amostras de solo de aproximadamente 2 quilos. As subamostras foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm de abertura, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), para posteriores análises físicas, químicas e mineralógicas.

3.2 Análises para caracterização dos solos

3.2.1 Análises Físicas

As análises físicas foram realizadas no laboratório de Física do solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Para determinação da composição granulométrica, obteve-se a fração argila pelo método do densímetro empregando-se Calgon (NaOH + hexametáfosfato de Sódio) para dispersão química. A fração areia, após secagem e pesagem, foi dividida em areia grossa (AG) e areia fina (AF) por tamisação, e a fração silte determinada por diferença seguindo metodologia recomendada por Donagemma et al. (2017).

A determinação da densidade do solo (Ds) foi realizada pelos métodos do anel volumétrico (Latossole Amarelo) e do torrão impermeabilizado (Gleissolo Háptico, Nitossolo Háptico, Luvissole Háptico (Horizonte Bt) para as amostras mais argilosas, e pelo método da proveta (Neossolo Regolítico; Luvissole Háptico (Horizonte A), para as amostras arenosas de acordo com a metodologia proposta por Almeida et al. (2017); a densidade de partículas (Dp)

foi realizada pelo método do balão volumétrico (VIANA et al., 2017). Determinou-se ainda a classificação textural (SANTOS, 2013) (Tabela 2).

Tabela 2. Características físicas dos solos utilizados nos experimentos

Hz	AG	AF	AT	Silte	Argila	ADA	Classificação Textural	GF %	Ds - g dm ⁻³	Dp	P %
----- g Kg ⁻¹ -----											
Neossolo Regolítico Eutrófico típico											
A	787,6	123,7	911,3	28,8	59,8	40,1	Areia	53,9	1,62	2,67	39
C	732,2	162,7	894,9	58,6	46,6	20,0	Areia	57,0	1,66	2,66	37
Gleissolo Háptico Tb distrófico típico											
A	13,33	39,58	52,92	474,99	472,09	123,6	Argilossiltosa	73,8	1,34	2,33	42
Cg	13,33	39,58	67,64	467,29	465,07	278,4	Argilossiltosa	40,2	1,32	2,40	45
Luvisolo Háptico Órtico Típico											
A	340,7	350,25	691,00	164,00	145,0	80,9	Francoarenosa	44,2	1,45	2,64	45
Bt	244,8	204,17	448,96	122,11	428,9	294,8	Argila	41,8	1,95	2,50	22
Nitossolo Háptico Distrófico típico											
A	166,1	67,370	233,48	106,88	659,6	102,0	Muito argilosa	16	1,56	2,79	44
B	151,9	60,78	212,64	131,15	656,2	37,4	Muito argilosa	20	1,42	2,80	49
Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico											
A	493,2	103,0	596,14	9,2	394,7	307,3	Argiloarenosa	22,1	1,27	2,60	51
Bw	312,5	95,9	401,81	24,3	573,9	30,3	Argila	95,0	1,32	2,67	50

**AT: Areia total; AG: Areia grossa; AF: Areia fina; ADA: Argila dispersa em água; DS: Densidade do solo; Dp: Densidade de Partícula; GF: Grau de flocculação; P: Porosidade.

3.2.2 Análises químicas

A caracterização química foi realizada no laboratório de Química do solo da UFRPE. Determinou-se pH em H₂O na relação 1:2,5 e em solução de KCl; acidez potencial (H+Al) extraídos com acetato de cálcio 1,0 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH (CAMPOS et al., 2017); cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, extraídos com KCl 1,0 mol L⁻¹, sendo o Ca²⁺ e o Mg²⁺ dosados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al³⁺ determinado por titulação com NaOH 0,25 mol L⁻¹; O K⁺, Na⁺ e fósforo disponível (P) foram extraídos com Mehlich⁻¹ (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), sendo o K⁺ e Na⁺ determinados por fotometria de chama e o P por colorimetria na presença de ácido ascórbico e por fim, procedeu-se à determinação de carbono orgânico total (COT) que foi quantificado por meio da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio, segundo método Yeomans e Bremmer (1988) adaptado (MENDONÇA; MATOS, 2005).

A partir dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável calculou-se a capacidade de troca de cátions (t), a percentagem de saturação por bases (V), percentagem de saturação por alumínio (m) e percentagem de saturação por sódio (PST) (Tabela 3)

Tabela 3. Características Químicas dos solos estudados

Hz	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	CTC	t	SB	H+ Al	COT	V	P	m	PST
	H ₂ O	KCl														
Neossolo Regolítico Eutrófico típico																
A	5,96	4,9	0,1	0,1	0	1,3	0	2,8	1,5	1,5	1,3	3	100	3	0	<1
C	5,84	4,6	0,9	0,3	0	0,1	0	3,1	1,3	1,3	1,8	0	100	2	0	<1
Gleissolo Háptico Tb distrófico típico																
A	4,65	3,8	2,0	0,9	0,9	0,3	1,18	17,1	5,3	4,1	13	19,4	78	8	22	<1
Cg	4,94	3,9	2,4	0,8	0,1	0	1,13	13,8	4,5	3,3	10,5	16	75	13	25	<1
Luvisolo Háptico Órtico Típico																
A	6,84	5,9	5,9	2,8	0,1	0,3	0	10,9	9,1	9,2	1,7	9,1	100	3	0	<2
Bt	7,60	5,5	16,2	6,4	0	0,1	0	23,9	22,8	22,8	1,1	0,3	100	2	0	<1
Nitossolo Háptico Distrófico típico																
A	6,47	5,8	2,9	0,9	0	1,3	0,5	4,5	1,3	0,8	3,7	9,1	62	2	38	<1
Bt	5,68	5,3	0,8	0,2	0	0,8	0,5	4,1	1,5	1	3,1	7,1	67	2	33	<2
Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico																
A	4,82	3,97	0,3	0,3	0	0	1,43	8,9	2,1	0,7	8,3	23,2	32	3	67	<1
Bw	4,78	4,46	0,1	0,3	0	0	0,55	4,8	1,0	0,4	4,4	0,48	43	2	57	<1

** CTC: Capacidade de troca de cátions potencial; t: CTC efetiva; SB: Soma de bases; COT: Carbono orgânico total; V: Percentagem de saturação por bases; m: Percentagem de saturação por alumínio; PST: Percentagem de saturação por sódio.

3.2.3 Caracterização da solução do solo

Os elementos solúveis também foram determinados com o preparo da pasta saturada pelo método descrito por (RICHARDS 1954). No extrato da pasta saturada foram determinados a condutividade elétrica (CE a 25°C) e o pH; determinando-se também os cátions solúveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), além de cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato e o potencial osmótico (Ψ_o) na solução dos solos (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização dos sais solúveis do extrato da pasta de saturação

Hz	pH _{es}	CE dS m ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻¹	Ψ _o MPa
----- mmol _e L ⁻¹ -----											
Neossolo Regolítico Eutrófico típico											
A	6,16	0,543	0,74	0,51	1,81	1,11	0,20	0,33	0,0	1,41	- 0,058
C	6,10	0,549	0,65	0,45	1,88	1,15	0,15	0,13	0,0	1,02	- 0,021
Gleissolo Háptico Tb distrófico típico											
A	4,47	0,306	0,64	0,48	1,14	0,35	0,12	0,03	0,0	1,52	- 0,037
Cg	6,38	0,160	0,51	0,11	1,04	0,05	0,07	0,10	0,0	1,00	- 0,026
Luvisolo Háptico Órtico Típico											
A	8,56	1,009	0,83	1,10	2,44	0,91	0,25	0,57	0,0	2,25	- 0,057
Bt	7,40	1,808	3,88	2,78	3,04	0,28	0,16	0,10	0,0	6,08	- 0,082
Nitossolo Háptico Distrófico típico											
A	6,16	0,799	0,84	0,57	0,85	3,03	0,41	0,23	0,0	2,25	- 0,025
Bt	6,10	0,594	0,48	0,19	0,76	2,37	0,81	0,20	0,0	1,25	- 0,027
Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico											
A	6,48	0,476	0,47	0,67	1,52	0,22	0,13	0,00	0,0	1,50	- 0,039
Bw	6,60	0,232	0,52	0,26	1,34	0,08	0,04	0,00	0,0	1,50	-0,029

3.3 Análises mineralógicas

As análises mineralógicas foram realizadas no Laboratório de Mineralogia dos Solos, da UFRPE. A caracterização mineralógica foi realizada com as amostras dos horizontes A e B diagnósticos subsuperficiais dos cinco solos selecionados.

A fração argila foi separada por decantação e a composição mineralógica determinada por difratometria de raios-X (DRX). Para o Gleissolo Háptico e o horizonte A do Latossolo

Amarelo, foram necessárias realizações de pré-tratamentos para eliminação da matéria orgânica utilizando peróxido de hidrogênio (JACKSON, 1975).

Os difratogramas foram produzidos a partir de amostras na forma de pó não orientado, e da argila natural orientada e da argila aquecida a 350°C e 550°C. Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e na identificação dos minerais foram baseados no espaçamento interplanar (d) e no comportamento dos picos de difração frente aos tratamentos térmicos empregados (JACKSON, 1975; BROWN; BRINDLEY, 1980) (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação mineralógica da fração argila dos perfis de solos estudados

Classificação	Horizonte/ Profundidade	Assembléia mineralógica
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	A (0 - 40 cm)	Ct,
	C (40 - 70 cm)	Ct,
Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico	A (0-10 cm)	Ct
	Cg (35-60 cm)	Ct
Luvissole Háplico Órtico Típico	A (0-10 cm)	Es, Ct, Gh, Hm
	Bt (30-48 cm)	Es, Ct, Gh, Hm
Nitossolo Háplico Distrófico típico	A (0-30 cm)	Ct, Gh, Hm, Gb
	Bt (+55 cm)	Ct, Gh, Hm, Gb
Latossole Amarelo Distrocoeso húmico	A (0-40 cm)	Ct, Gh
	Bw (+185 cm)	Ct, Gh

Es = Esmeclita; Ct= caulinita; Gb= gibbsita; Hm= hematita; Gh = Goethita.

3.4 Montagem do Experimento

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Física do solo da UFRPE, no município de Recife – PE. Foram realizados dez experimentos utilizando o horizonte superficial e B diagnóstico de cinco classes de solo RR, GX, TX, NX, LA.

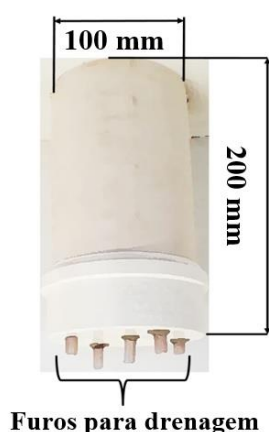
Para cada ensaio, utilizou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado em arranjo fatorial (7 x 6), sendo 7 valores de condutividade elétrica da solução saturante e 6 métodos de extração da solução do solo (solução do solo via pasta de saturação, centrifugação, cápsulas porosas extratoras e suspensões de relações solo: água (1:2; 1:5 e 1:10), com 4 repetições, totalizando 168 unidades experimentais. As soluções salinas utilizadas para saturar os solos foram definidas a partir da caracterização e quantificação da proporção existente entre cátions e ânions solúveis no extrato de saturação (Apêndices). Foram formuladas 7 concentrações, tomando como base a CE original do extrato de saturação de cada solo, que foi considerada a concentração 2, sendo a primeira as colunas saturadas com água destilada (Tabela

6). O intuito foi que os níveis crescentes de CE fossem ampliados a partir do que se encontrava inicialmente na solução do solo.

Tabela 6. Valores de Condutividade elétrica (CE) obtidas através de mistura de sais para cada ensaio

RR (Hz A)	RR (Hz C)	GX (Hz A)	GX (Hz Cg)	TX (Hz A)	TX (Hz Bt)	NX (Hz A)	NX (Hz C)	LA (Hz A)	LA (Hz Cg)
----- dS m ⁻¹ -----									
0,005	0,015	0,003	0,004	0,022	0,023	0,031	0,002	0,030	0,010
0,556	0,585	0,260	0,167	1,200	2,010	1,0277	0,756	0,594	0,234
1,038	1,039	1,491	1,049	1,800	3,798	1,988	1,890	1,872	1,019
1,090	1,690	2,010	1,226	3,000	5,293	4,231	4,271	4,387	2,407
2,793	2,881	2,930	2,348	4,400	8,524	6,81	6,788	6,051	4,547
4,074	4,059	4,679	3,644	5,600	10,226	8,476	9,720	7,634	7,299
5,088	4,648	6,357	4,752	6,500	12,334	11,135	12,634	9,104	9,372

Para a realização do experimento foram utilizadas colunas confeccionadas com tubo de PVC com diâmetro interno 100 mm e altura 200 mm. As colunas de PVC foram dispostas uma ao lado da outra, e então preenchidas com solo, proveniente das amostras deformadas (passadas em peneiras de 4 mm para preservar a microagregação do solo), sendo as mesmas referentes aos horizontes A e diagnósticos de cada classe de solo (Figura 3A, 3B).



A)



B)

Figura 3. A) Colunas confeccionadas com tubo de PVC com diâmetro interno 100 mm e altura 200 mm; B) Colunas de PVC dispostas uma ao lado da outra, para posterior preenchimento com as amostras de solo com densidade próxima à encontrada em campo

O preenchimento do solo nas colunas foi realizado de uma forma a proporcionar uniformidade e homogeneidade, mantendo-se a densidade do solo a mais próxima à encontrada em campo.

Após preenchimento das colunas de PVC, as mesmas foram imersas nas soluções com valores crescentes de CE, correspondendo a 50 % de sua altura. O solo foi lentamente saturado por meio de ascensão capilar, devido aos cinco orifícios na parte inferior das colunas de PVC. Foram tomadas precauções, como fechar as colunas na parte superior para evitar perda por evaporação e para proporcionar a homogeneidade das soluções aplicadas, foram saturadas 8 colunas de PVC, sendo 4 reservadas para a extração do solo via cápsula porosa e as restantes foram separadas para a extração da solução do solo pelos demais métodos (centrifugação, pasta saturada, relação solo: água 1:2; 1:5 e 1:10).

Após saturados, as cápsulas porosas foram instaladas e as colunas foram cobertas novamente com filme plástico e colocadas para drenar naturalmente. Ficaram nessas condições por aproximadamente 24 h, quando todo o excesso de água foi drenado por ação gravitacional (Figura 4).



Figura 4. Colunas de PVC preenchidas com solo durante o período de 24 horas esperando que o excesso de água tenha drenado por ação gravitacional

Após ensaios, as 4 colunas sob “extração via cápsulas porosas” e as outras 4 que não apresentavam cápsulas extratoras, tiveram o solo contido em cada coluna, seca ao ar, destorroado e passado em peneira com malha de 2 mm (TFSA). Após este procedimento o solo que estava nas colunas, sem a cápsula porosa, tiveram parte dessa TFSA utilizada para preparo

das pastas de saturação; o restante da TFSA foi reservado para ser usado nos ensaios visando à obtenção do extrato via relação solo: água e centrifugação.

Para correção em função da umidade, as colunas onde foram instaladas as cápsulas porosas tiveram parte dessa TFSA utilizada para preparo das pastas de saturação

Foram avaliados os seguintes métodos: extração da solução do solo via pasta de saturação, centrifugação, cápsulas porosas extratoras e suspensões de relações solo: água.

A seguir será detalhada a metodologia para a extração da solução do solo em cada um dos métodos selecionados.

3.5 Métodos de extração da solução do solo

3.5.1 Extração por Cápsula Porosa

Após o equilíbrio, ou seja, após o período de 24 horas, tempo suficiente para que o excesso de água fosse drenado por ação gravitacional, foi aplicada via bomba de vácuo uma tensão de 75 kPa por um minuto em cada coluna. Decorridas 24 h, após a aplicação da tensão, a solução presente no extrator foi coletada com o auxílio de seringa e mangueira; sendo em seguida, os extratores removidos (Figura 4).

As cápsulas porosas utilizadas nesse experimento foram compostas de um tubo de PVC, com dimensões de 12,7 mm de diâmetro e 40 cm de comprimento, fabricadas pela SONDATERRA. As cápsulas anteriormente a serem inseridas no solo, passaram um período de 12 horas submersas em água destilada desaerada para completa saturação. As cápsulas extratoras foram introduzidas a 85 mm contando do centro da célula a superfície do solo, com auxílio de um trado de rosca com diâmetro semelhante ao dos extratores (Figura 5A e B).

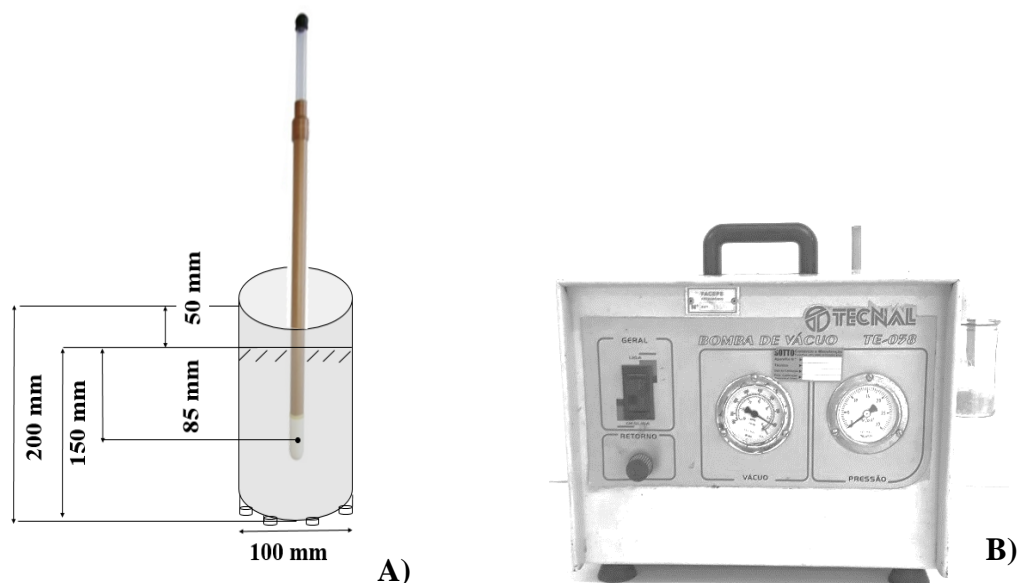


Figura 5. A) Cotas da profundidade que foram instaladas as cápsulas porosas B) Bomba de vácuo utilizada no experimento

No momento da coleta da solução com a seringa, também foram coletadas também amostras de solo ao redor das cápsulas para determinação da umidade gravimétrica e posterior correção das variáveis obtidas pela cápsula porosa, já que, os valores de CE, potencial osmótico (PO), e dos demais elementos químicos determinados nas soluções obtidas das cápsulas porosas apresentam umidade diferente da saturação no momento da coleta.

O conhecimento da umidade do solo no momento da extração é importante, pois possibilita estimar a condutividade elétrica e a concentração de íons em uma umidade padrão ou predeterminada. Os valores corrigidos foram “estimados” (Lao, 2003) obtidos por meio da Equação 1.

$$CE, PO, \text{ íons}_{\text{estimados}} = \frac{[(CE, PO, \text{ íons})_{cp}] \cdot U_{cp}}{U_{ps}}$$

Eq. (01)

Onde: CE, PO, íons_{estimados} = Condutividade elétrica (CE); Potencial osmótico (PO) do extrato de saturação, íons_{estimados} a partir dos valores medidos na solução do solo obtida com extrator de cápsula porosa, CE (dS m⁻¹); PO (MPa); íons (mmol_c L⁻¹); (CE, PO, íons)_{cp} = condutividade elétrica, potencial osmótico e íons obtidos com extrator de cápsula porosa, CE (dS m⁻¹); PO (MPa); U_{cp} = umidade do solo no momento da retirada da solução do extrator de cápsula porosa (g g⁻¹); U_{ps} - umidade do solo na pasta saturada, (g g⁻¹).

Após a obtenção dos extratos pela cápsula porosa, as soluções foram acondicionadas em tubos Falcons hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração (4°C) para análises.

3.5.2 Extração por pasta de saturação

Para a extração através do método da pasta de saturação, foram pesados 400 g da TFSA em recipientes de plásticos e posteriormente foi adicionada gradualmente água destilada até que fosse atingido o ponto de pasta de saturação, que se caracteriza por apresentar um aspecto brilhante ou espelhado, deslizando com facilidade na lâmina da espátula (RICHARDS, 1954).

Após a obtenção da pasta, os recipientes foram vedados com o objetivo de evitar perdas de água por evaporação, e permaneceram nessas condições, por um período contínuo de 12 h; sendo em seguida o extrato da pasta de saturação separado do solo por meio de um funil de buckner com papel de filtro, acoplado a um kitasato e uma bomba de sucção. Os extratos foram acondicionados em tubos Falcons hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração (4°C) para análises.

3.5.3 Extração por Centrifugação

Para a realização do método da centrifugação foram pesados 300 g da TFSA e colocadas em colunas confeccionadas com tubo de PVC com diâmetro interno 30 mm e altura 200 mm, na seção inferior das colunas, foram colocadas telas de tecido perfex para conter o solo.

As colunas de PVC foram saturadas com água destilada, sendo a superior fechada com plástico filme. Após a drenagem, cerca de 20 g do solo foram acondicionados em tubos de falcon de 50 mL, para obtenção de uma alíquota significativa de amostra, cada repetição foi particionada para 4 tubos falcons.

Em seguida centrifugados por 60 minutos com uma força centrífuga relativa correspondente a 2560 g. As soluções foram retiradas do recipiente, filtradas (papel de filtro filtragem média) e acondicionadas em tubos Falcons hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração (4°C) para análises (PEREZ; CAMPOS 2003, com adaptações) (Figura 6)

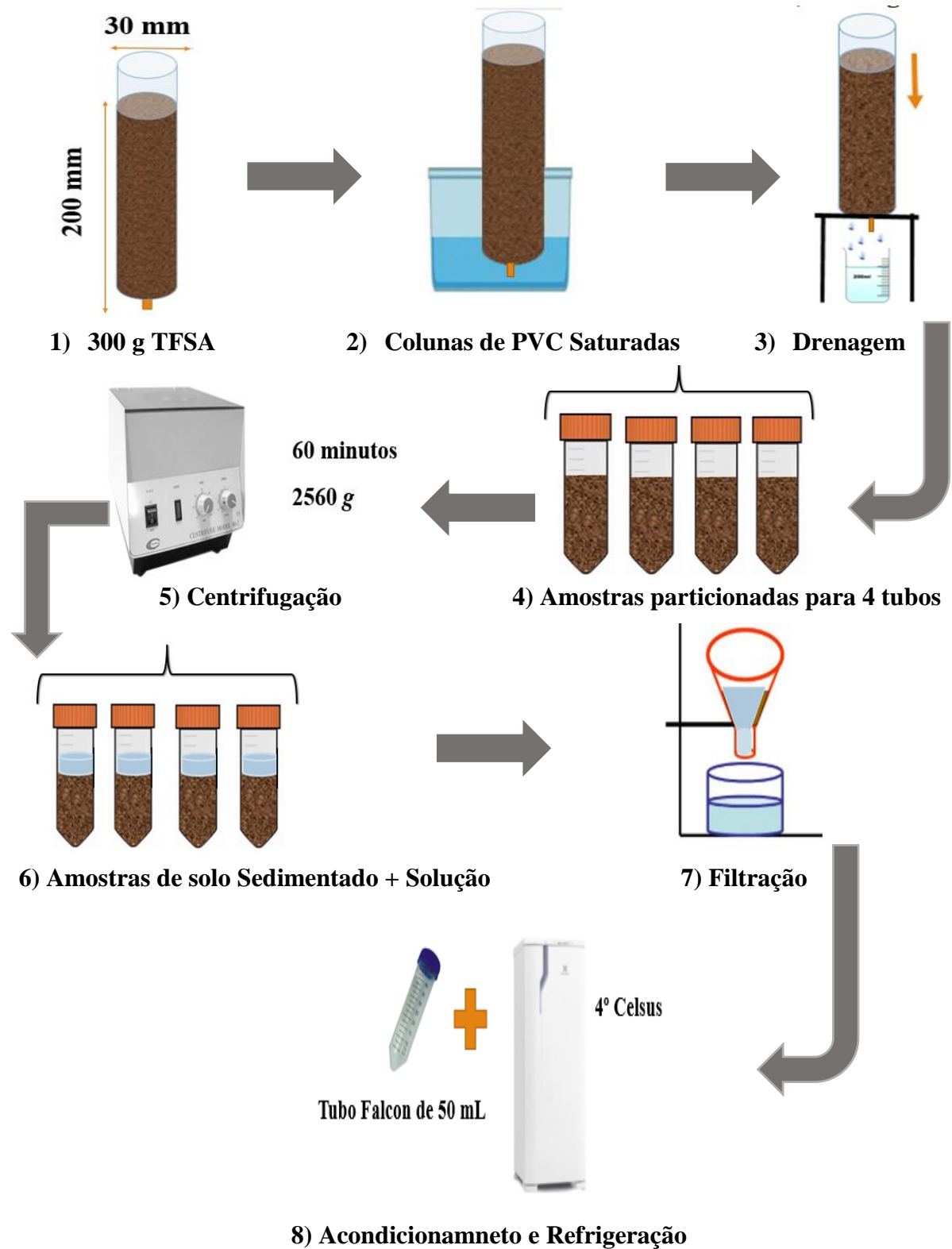


Figura 6. Esquematização do Processo de Centrifugação para obtenção da solução do solo

3.5.4 Extração por relação solo: água

Para extração da solução do solo através do método relação solo: água foram utilizadas as seguintes proporções de solo:água (massa: volume): 1:2; 1:5 e 1:10.

Foram pesadas 20 g de TFSA em tubos apropriados, sendo posteriormente adicionadas 40 g de água destilada, a fim de ajustar a relação 1:2. Para as relações 1:5 e 1:10, foram pesadas 10 g de TFSA e adicionadas 50 e 100 g de água destilada, respectivamente.

Os conjuntos tubo-solo-água foram levados para o agitador Tipo Wagner, a agitado por 10 minutos a 50 rpm. As amostras permaneceram em repouso durante 1 h, e só então realizou-se uma nova agitação, pelo mesmo período de tempo (SOUZA et al., 2013). Após esse período de tempo, foi realizado a filtragem das amostras com funis e papel filtro quantitativo (faixa branca). Os extratos foram acondicionados em tubos Falcons hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração (4°C) para análises.

3.6 Variáveis utilizados para comparação entre os métodos de extração.

Para a comparação entre os métodos de extração da solução do solo foram analisados os seguintes variáveis: pH, condutividade elétrica, pressão osmótica, íons solúveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ cloreto, carbonato e bicarbonato).

O pH foi determinado em laboratório com auxílio de um potenciômetro e a condutividade elétrica foi determinada com o auxílio de condutivímetro digital. Para a medida do potencial osmótico uma alíquota de 10 μL da solução do solo foi utilizada para determinação da osmolalidade usando-se um osmômetro de pressão de vapor, modelo Wescor 5520. Os valores obtidos em milimoles por quilograma foram convertidos em potencial osmótico, por meio da equação de Van't Hoff (HILLEL, 2007).

$$\Psi_s = - RTC$$

Eq. (02)

Onde: Ψ_s = potencial osmótico (MPa), R = constante dos gases (0,00831 MPa mol⁻¹ k⁻¹), C = concentração (mol L⁻¹), T = temperatura absoluta (K).

As determinações dos teores dos elementos químicos foram efetuadas por: fotometria de chama para os elementos Na^+ e K^+ ; absorção atômica para os elementos Ca^{2+} e Mg^{2+} ,

titulação com nitrato de prata (AgNO_3 $0,025 \text{ molL}^{-1}$) para determinação do cloreto (MALAVOLTA et al., 1989), e titulação com H_2SO_4 $0,005 \text{ mol L}^{-1}$ para determinar carbonato e bicarbonato (EMBRAPA 2009).

3.7 Análise das variáveis avaliadas

A análise dos dados foi realizada através da correlação de Pearson, com análise de variância a nível de 5% (*) e 1% (**) de probabilidade, por meio do software R (versão 3.1.0) (R Core Team 2015) usando o R studio (versão 0.98.507) para o Windows 7.

Os dados (pH em água, condutividade elétrica, potencial osmótico, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ trocáveis, cloreto, carbonato e bicarbonato) estimados pelo extrato da pasta de saturação foram ajustados com os demais métodos, por meio de um modelo linear.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 pH, Carbonatos e Bicarbonatos

Para os valores de pH, não houve correlação entre os resultados obtidos com o método extrato da pasta de saturação e os verificados por meio das extrações via cápsula porosa, centrifugação e relação solo água nas proporções 1:2; 1:5; 1:10 nos dois horizontes estudados (superficial e subsuperficial diagnósticos) das cinco classes de solo Neossolo Regolítico, Gleissolo Háplico, Luvisolo Háplico, Nitossolo Háplico, Latossolo Amarelo. Nesse trabalho, não foram detectadas concentrações de carbonatos e bicarbonatos, dado que, à presença, destes ânions, só são detectados em solos de pH acima de 10 (FREIRE; PESSOAL; GHEYI, 2016).

4.2 Experimento 1: Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR)

Os valores de condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) apresentaram correlações significativas entre o método extrato da pasta de saturação e os outros métodos (cápsula porosa, relações solo: água: 1:2; 1:5; 1:10), nos horizontes A e C (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e os métodos de extração da solução do solo: cápsula porosa (CP), relações solos: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação da CE e dos cátions, ânions e pH

Neossolo Regolítico Eutrófico típico				
Variáveis		Horizonte A (0 - 40 cm)		
Extrato da pasta	CP	1:2	1:5	1:10
CE	0,94**	0,97**	0,97**	0,96**
Ca^{2+}	0,93**	0,88**	0,90**	0,79**
Mg^{2+}	0,95**	0,65**	0,94**	0,72**
Na^+	0,91**	0,90**	0,90**	0,93**
K^+	0,84**	0,93**	0,94**	0,94**
Cl^-	0,97**	0,93**	0,95**	0,90**
Variáveis		Horizonte C (40 - 70 cm)		
Extrato da pasta	CP	1:2	1:5	1:10
CE	0,96**	0,97**	0,98**	0,97**
Ca^{2+}	0,82**	0,85**	0,95**	0,85**
Mg^{2+}	0,95**	0,90**	0,83**	0,86**
K^+	0,97**	0,88**	0,96**	0,75**

Na ⁺	0,96**	0,94**	0,96**	0,94**
Cl ⁻	0,98**	0,96**	0,96**	0,88**

** significativo a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo

Os coeficientes de correlação das variáveis do extrato da pasta saturada e dos demais métodos avaliados foram significativos ao nível de 0,01 de probabilidade, com valores de correlação acima de 0,70 (Tabela 7). Exceto pelo cátion Mg²⁺ do horizonte A (r =0,65).

4.2.1 Cápsula Porosa para extração de solução de um Neossolo Regolítico Eutrófico típico

A relação entre a CE obtida do extrato da pasta saturada e aquela via cápsula porosa apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e C (Figura 7).

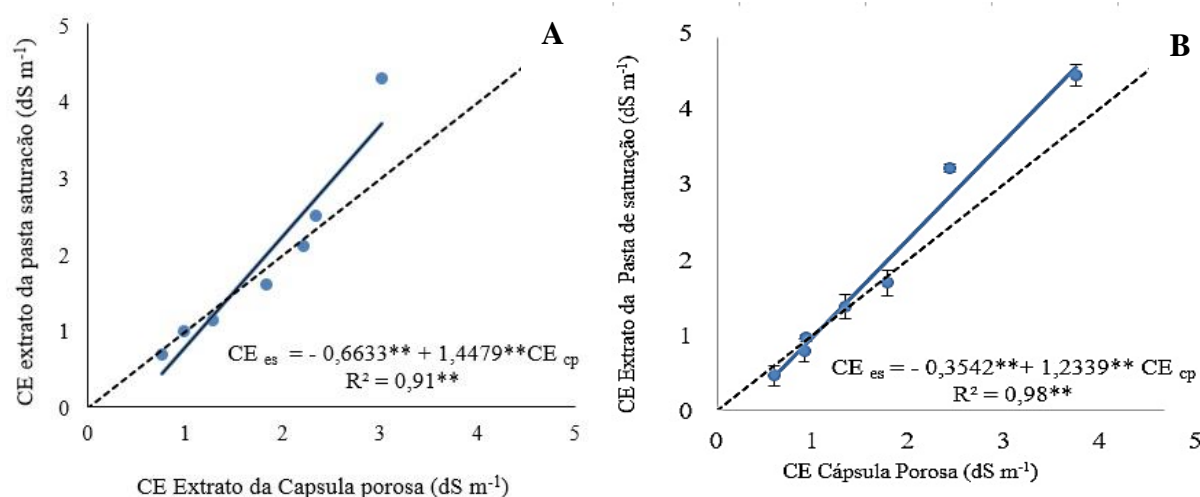


Figura 7. A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na cápsula extratora (CE_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo

Na equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A e C. Que os valores de CE obtidos via cápsula porosa foram superestimados quando comparados aos observados no extrato da pasta saturada (CE_{es}). Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de CE_{cp} for igual a 1, os valores de CE obtidos pelo método padrão será igual a 0,7846 e 0,8797 $dS\ m^{-1}$ (Figura 7). Apresenta também elevados coeficientes de determinação ($R^2 > 0,90$) (Figura 7).

O RR apresenta elevadas quantidades de areia (846 e 895 $g\ kg^{-1}$ para os horizontes A e C, respectivamente), possuindo textura arenosa nos dois horizontes. A propósito, as proporções de areia grossa (678; 732 $g\ Kg^{-1}$) são aproximadamente 3,3 e 4,5 vezes maior que a areia fina (200; 163 $g\ Kg^{-1}$) nos horizontes A e C, respectivamente (Tabela 2). O RR, por apresentar predominância de grandes, partículas de diâmetro relativamente grandes têm baixa superfície

específica e, conseqüentemente, pouca pegajosidade, o que expressa menor capacidade do solo em aderir a outros objetos (SANTOS et al., 2013). Dessa forma, esses solos apresentam baixa capacidade de retenção de água e íons; assim, maiores quantidades dos sais aplicados aos solos arenosos permanecem em solução, elevando a salinidade do solo, se comparados a solos com maiores teores de argila em sua composição (QUEIROZ et al., 2005).

Resultados semelhantes foram observados, por Oliveira et al. (2011), que observaram uma superestimação nos valores de CE extraídos pela cápsula em solos arenosos (820; 120; 60 g kg⁻¹ areia, silte e argila, respectivamente), devido as baixas capacidade de retenção de água e íons que esses solos apresentam, os sais aplicados, permanecem em solução, elevando a salinidade do solo, se comparados a solos com maiores teores de argila em sua composição (QUEIROZ et al., 2005).

Quanto aos teores de Ca²⁺, observou-se equações de regressão lineares positivas (p<0,01), entre o Ca²⁺ obtido no extrato da pasta saturada e aquele via cápsula porosa para os horizontes A e C (Figura 8).

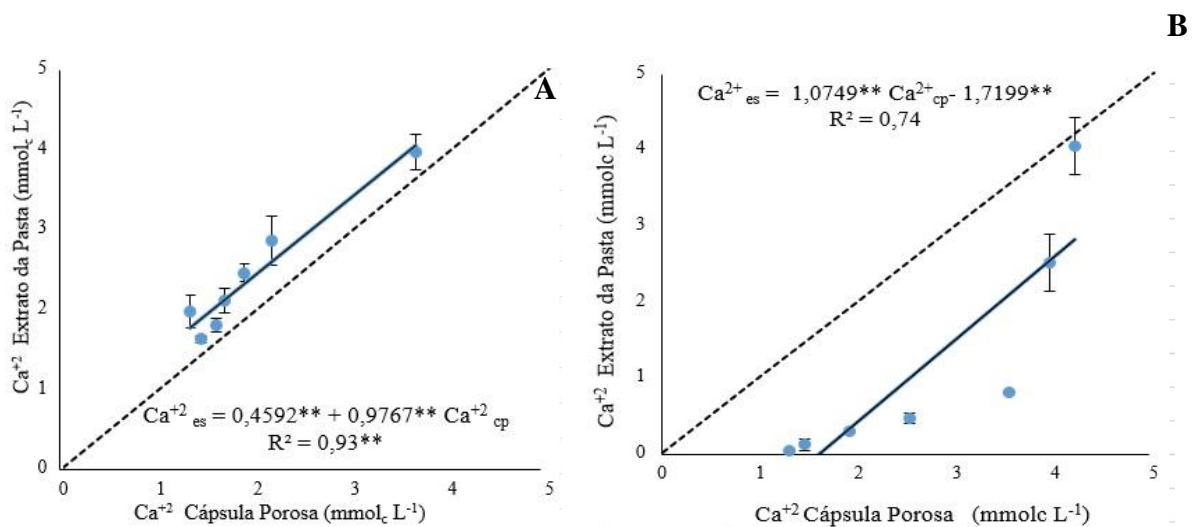


Figura 8. A) Relação entre cálcio extraído do extrato de saturação do solo (Ca²⁺_{es}) e o Ca²⁺ obtido na cápsula extratora (Ca²⁺_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo

Analisando o comportamento do Ca²⁺ extraído via cápsula porosa, nos horizontes A, verificou-se uma subestimação dos resultados, dado esse que pode ser observado pela equação de regressão, quando o valor de Ca²⁺_{cp} for igual a 1 mmol_c L⁻¹, o valor de CE obtido pelo método padrão será igual a 1,4359 mmol_c L⁻¹ (Figura 8A). Para o horizonte C, devido ao baixo valor do coeficiente de determinação (R² = 0,75), conclui-se que a equação estabelecida não pode ser utilizada para estimar a concentração de Ca²⁺ (Figura 8B).

A baixa concentração de Ca²⁺ obtida via cápsula porosa pode ser em decorrência da textura do solo, que ao possuir maiores espaços (poros) entre as partículas, possibilita a

passagem da água com maior facilidade e provavelmente proporciona a saída de Ca^{2+} para regiões abaixo da esfera de influência da cápsula. Segundo Salomão et al. (2012), um ponto de fundamental importância na tomada de decisão para instalação dos extratores de solução é o estudo da movimentação dos íons no solo, visto que os nutrientes aplicados ao solo apresentam movimentação dependente de vários fatores, entre eles a textura.

As concentrações de Mg^{2+} obtidas no extrato da pasta saturada e via cápsula porosa responderam significativamente por meio de um modelo linear ($p < 0,01$) crescente para os horizontes A e C do RR (Figura 9A e B).

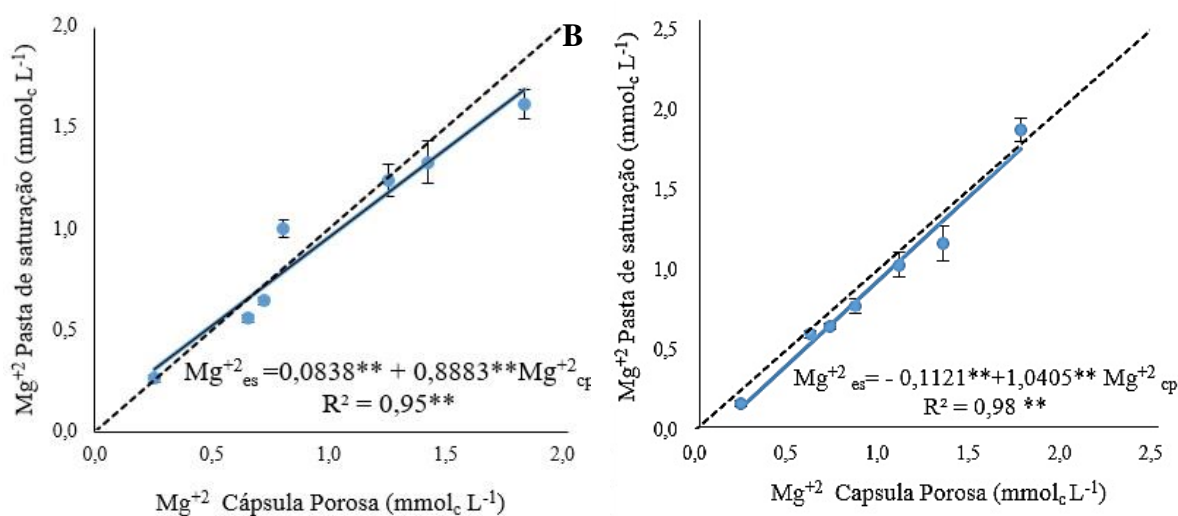


Figura 9. A) Relação entre o Mg^{2+} extraído do extrato de saturação (Mg^{2+}_{es}) e o Mg^{2+} obtido na cápsula extratora (Mg^{2+}_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo

A relação entre o Mg^{2+}_{es} e o Mg^{2+}_{cp} , apresentaram ajustes altos ajustes ($R^2 = 0,95$ e $0,98$), e valores muito próximos ao observado pelo modo padrão. Um aumento de aproximadamente, 3% para o horizonte A e 8% para o horizonte C em relação ao extraído via cápsula porosa (Figuras 9A e B). LIMA (2009), avaliando a calibração e manejo de extratores providos de cápsula porosa, transdutores de pressão e monitoramento de íons na fertirrigação em solos arenosos, também observaram que as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} apresentaram comportamentos antagônicos (Subestimação na concentração Ca^{2+} e superestimação na concentração de Mg^{2+}).

Esse efeito foi possível, pelo fato provavelmente de o magnésio apresentar uma menor energia de ligação e encontrar-se mais dissolvido em solução quando comparado ao Ca^{2+} , sendo assim, apresenta em maior quantidade na solução do solo (LARCHER, 2000).

Em relação a concentração de K^+ , observaram-se equações de regressões lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre o K^+ extraído do extrato de saturação do solo (K^+) e aquele obtido na cápsula extratora para os horizontes A e C.

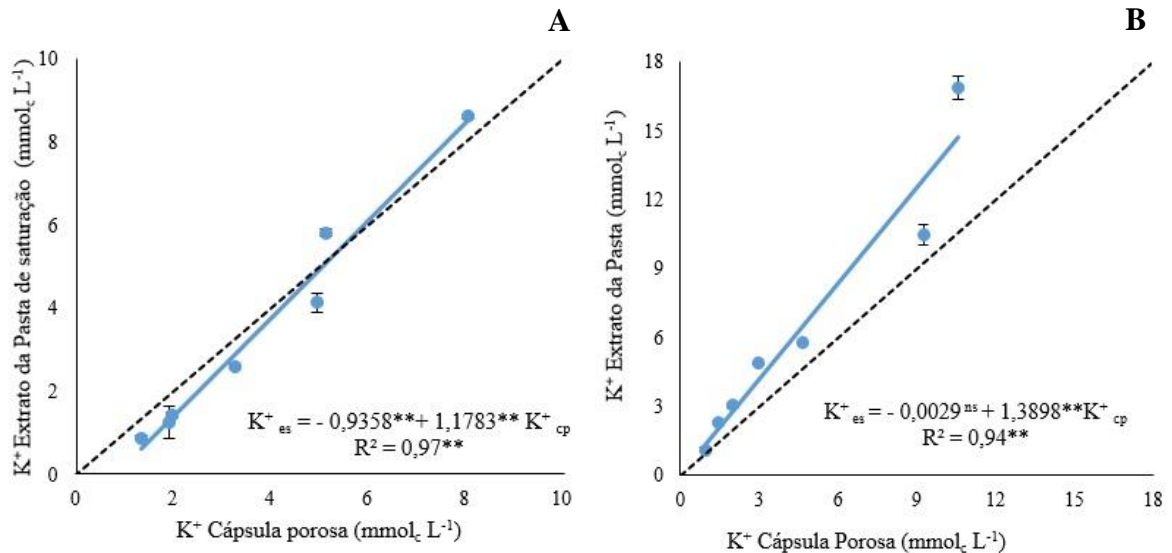


Figura 10. A) Relação entre o K^+ extraído do extrato de saturação (K^+_{es}) e o K^+ obtido na cápsula extratora (K^+_{cp}), horizonte A do Neossolo. E **B**) do horizonte C do Neossolo

Na equação de regressão obtida, pode-se verificar para o horizonte A que os valores de K^+ obtidos via cápsula porosa em relação K^+_{es} foram maiores (Figura 10A), valor esses que pode ser observado pela equação de regressão, quando os valores de K^+_{cp} for igual a 1 $mmol_c L^{-1}$, os valores de CE obtidos pelo método padrão (extrato da pasta) será igual a 0,2425 $mmol_c L^{-1}$. Um aumento de 75,75 % em relação ao extraído via extrato da pasta. No entanto, a medida que vai aumentando a concentração de K^+_{cp} a diferença antes acentuada, torna-se reduzida, sendo observada uma subestimação dos resultados, por exemplo, quando os valores de K^+_{cp} for igual a 8 $mmol_c L^{-1}$, a concentração de K^+_{es} será de 8,4909, ou seja um subestimação dos resultados à medida que aumenta a concentração de K^+ . (Figura 10B).

No horizonte subsuperficial diagnóstico, assim como no horizonte A é observado uma subestimação dos resultados. Fato este, que pode ser observado através da equação de regressão, quando os valores de K^+_{cp} for igual a 1 $mmol_c L^{-1}$, os valores de CE obtidos pelo método padrão (extrato da pasta) será igual a 1,38898 $mmol_c L^{-1}$, um aumento de aproximadamente 39% em relação ao extraído via extrato da pasta.

Werle, Garcia e Rosolem. (2008) avaliando a lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo, observaram que em solos arenosos, independente da dose de adubação aplicada, os valores de potássio eram bem inferiores às do

solo de textura mais argilosa. Possivelmente as perdas de K por lixiviação são intensas no solo arenoso, com menor capacidade de retenção desse cátion.

Além da textura, a mineralogia da fração argila, predominantemente caulinítica contribui com esses resultados, uma vez que solos com mesma textura, mas com assembléia mineralógica rica em minerais 2:1 e mica, os resultados de potássio solúvel são contrastantes, como observado por Vieira et al. (2016). Esses autores, analisando a capacidade de suprimento de potássio em doze classes de solos observaram que o Neossolo Regolítico apresentou uma maior quantidade de potássio solúvel quando comparado aos demais. Os autores presumiram que essas maiores reservas do elemento, seriam, portanto, devido à assembléia mineralógica caulinítica, mas também mica e mineral 2:1. Segundo eles, solos que possuem quantidades significativas de mica e outros minerais do tipo 2:1 em sua fração argila retêm fortemente o K, liberando-o lentamente para a solução.

A redução da concentração de K^+ foi ainda mais acentuada no horizonte C, onde verificou-se nula concentração de matéria orgânica. O incremento de matéria orgânica no solo, além de reter até vinte vezes a sua massa em água (KLEIN; KLEIN 2015), o que provavelmente aumenta a solubilidade do K^+ , e confere maior predomínio de cargas negativas, em razão do baixo valor de PCZ da fração húmica ($<3,0$), aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) e, conseqüentemente adsorção de K^+ e menor presença na solução do solo (ALLEONI; MELLO; ROCHA, 2009).

A suposição para menores concentrações de Ca^{+2} e K^+ na solução do solo extraídas pela cápsula porosa pode ser explicada pela competição catiônica. O cálcio e o potássio foram aplicados em maiores concentrações no solo, embora, em proporções parecidas (Apêndice A). Em decorrência da valência do íon Ca^{+2} ser duas vezes maior que a do íon K^+ , o fator preferência pelos sítios de troca, será do Ca^{+2} o qual, existe uma relação direta entre a valência do íon e a força com a qual o mesmo é retido pelos locais de troca. Nesse sentido, os cátions bivalentes são adsorvidos mais firmemente que os monovalentes (HOLANDA et al., 2006).

Dessa forma, o potássio, que ocupa o antepenúltimo lugar quanto à seletividade de adsorção (série liotrópica), ficará em maior quantidade na solução, já que, os sítios de troca estão ocupados com os íons bivalentes (KHALAJABADI; HERNÁNDEZ, 2015).

As concentrações de Na^+ obtidas através das cápsulas extratoras apresentaram equações lineares significativamente positivas ($P < 0,01$) quando comparadas o Na^+ do extrato de saturação do solo para os horizontes A e C (Figura 11).

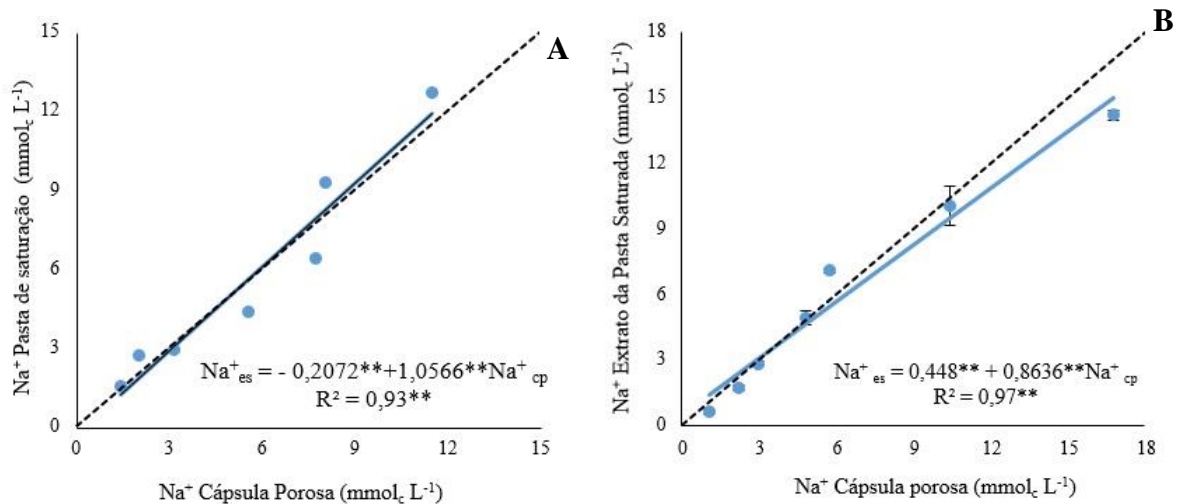


Figura 11. A) Relação entre o Na^+ extraído do extrato de saturação (Na^+_{es}) e o Na^+ obtido na cápsula extratora (Na^+_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo

No horizonte A observa-se que a concentração de Na^+ estimada via cápsula porosa foi maior em relação ao Na^+_{es} (Figura 11 A), Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de Na^+_{cp} for igual a $1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, os valores de Na^+ obtidos pelo método padrão será igual a $0,8494 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. (Figura 7A e B). Comportamento antagônico foi observado, no horizonte C, foi observado uma redução de aproximadamente 31,16 % na concentração de sódio em relação ao método padrão, como pode ser observado na equação (Figura 11B).

Estes resultados corroboram com Souza et al. (2013) que, comparando o Na^+ extraído via cápsula porosa e o obtido por meio do método padrão (extrato da pasta de saturação), perceberam uma superestimação de 33,69 %, 3 vezes maior que a superestimação encontrada no presente estudo. Justifica-se essa discrepância pela maior quantidade de cloreto de sódio aplicada em relação ao solo em estudo (Apêndice A).

A maior concentração de Na^+ em solução do solo, pode ser também, em decorrência do fator quantidade como definidor da capacidade de deslocamento de íons do complexo de troca do solo. Embora Na^+ e K^+ sejam monovalentes, a concentração dos íons de K^+ era 3 vezes maior que a íons Na^+ . Além disso, as cápsulas porosas sob tensão podem interferir no aumento de Na^+ da solução amostrada, como observado por Pereira et al. (2009).

A relação entre Cl^- extraído do extrato de saturação do solo (Cl^-_{es}) e o Cl^- obtido na cápsula extratora, para os dois horizontes apresentaram equações de regressão lineares, estatisticamente significativas a 0,01 % de probabilidade com elevados coeficiente de determinação ($R^2 > 0,95$) (Figura 12).

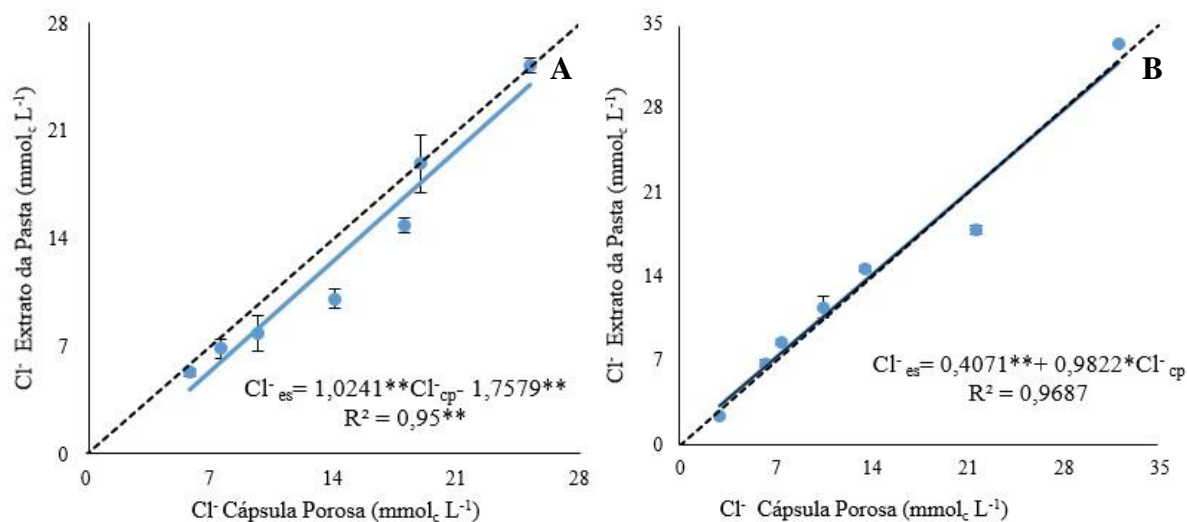


Figura 12. A) Relação entre Cl^- extraído do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e o Cl^- obtido na cápsula extratora (Cl^-_{cp}), horizonte A do Neossolo. E B) do horizonte C do Neossolo

No horizonte A do RR, observou-se que a concentração de Cl^- estimada via cápsula porosa foi superestimada em relação Cl^-_{es} (Figura 12 A). Souza et al. (2013) quando compararam o Cl^- determinado no extrato da pasta de saturação, com o via cápsula porosa, também perceberam uma superestimação. A menor presença da matéria orgânica proporcionou uma maior quantidade de Cl^- . No horizonte C, que a reta de dispersão encontra-se próxima à reta 1:1, ocorrendo uma mínima subestimação da CE_{es} , apresentaram satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 = 0,96$) (Figura 12 B).

O uso de extratores providos de cápsulas porosas para monitoramento da solução pode ser realizado, desde que com cautela. Os elementos Ca^{+2} e K^+ foram subestimados, o que resultaram em uma menor CE, uma vez que, esta propriedade permite conhecer a concentração total de íons da solução, pois está relacionada ao total de sais dissolvidos.

Quando o objetivo for determinar CE, Ca^{+2} , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Na^+ em um solo muito arenoso, com predomínio de caulinita deve-se ter equações que possam correlacionar os resultados desses extratos aos da pasta de saturação, e assim obter maior exatidão nos resultados. As equações obtidas que correlacionam CE, Ca^{+2} , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Na^+ , nesse experimento tornam-se viável para pesquisas futuras, uma vez que ao analisar os coeficientes de determinação, os mesmos apresentaram altos ajustes ($R^2 > 0,90$), no entanto as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear de todas as equações obtidas apresentaram significância.

4.2.2 Centrifugação para extração de solução de um Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR).

Não foi possível extrair através da centrifugação a solução do solo dos dois horizontes para o RR. Ao cessar a centrifugação as partículas de solo sedimentavam no fundo do tubo da centrífuga, entretanto, devido à baixa coesão, rapidamente contaminava sobrenadante. Possivelmente isso ocorreu pelo teor de areia grossa em detrimento de areia fina nos dois horizontes (Tabela 2), e com baixa quantidade de argila e óxidos, sendo assim, apresentam pouca força de coesão. A força de atração entre as partículas não permitiu a formação de uma camada selada na superfície do tubo, como foi observado, nos demais solos. Nesse sentido, não se recomenda o uso da centrifugação para solos com textura essencialmente arenosa.

4.2.3 Relação solo água para extração de solução de um Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR).

Os extratos das relações solo: água representam uma forma de análise da solução do solo mais prática quando comparado a preparação da pasta saturada, demandando materiais mais simples e reduzindo o tempo, especialmente quando necessita-se de resultados mais rápidos e quando se tem grande quantidade de amostras (HERRERO; WEINDORF; CASTAÑEDA, 2015). Observaram-se equações de regressões lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre os variáveis obtidos por diferentes extratos solo: água e via extrato da pasta (Tabela 8).

Tabela 8. Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) nos horizontes A e C do Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR)

Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR)				
Variáveis	Relação Solo:água 1:2 (Hz A)		Relação Solo:água 1:2 (Hz C)	
	Equação de Regressão	R^2	Equação de Regressão	R^2
CE dS m ⁻¹	CE _{es} = 0,0343 + 0,1411 CE _{1:2}	0,95**	CE _{es} = 0,0022 + 0,1015 CE _{1:2}	0,99**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	Ca ²⁺ _{es} = 0,5504 + 0,1533 Ca ²⁺ _{1:2}	0,87**	Ca ²⁺ _{es} = 0,1577 + 0,198 Ca ²⁺ _{1:2}	0,83**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	Mg ²⁺ _{es} = 0,0021 + 0,1004 Mg ²⁺ _{1:2}	0,82**	Mg ²⁺ _{es} = 0,0287 + 0,1332 Mg ²⁺ _{1:2}	0,84**
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	Na ⁺ _{es} = 0,2636 + 0,1111 Na ⁺ _{1:2}	0,90**	Na ⁺ _{es} = 0,3177 Na ⁺ _{1:2} + 0,0321	0,98**
K ⁺ mmolc L ⁻¹	K ⁺ _{es} = 0,2423 + 0,1385 K ⁺ _{1:2}	0,93**	K ⁺ _{es} = 0,0581 K ⁺ _{1:2} + 0,0646	0,82**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	Cl ⁻ _{es} = 0,8527 + 0,1372 Cl ⁻ _{1:2}	0,93**	Cl ⁻ _{es} = 0,2096 Cl ⁻ _{1:2} + 0,115	0,93**
		Relação Solo:água 1:5 (Hz A)	Relação Solo:água 1:5 (Hz C)	
CE dS m ⁻¹	CE _{es} = 0,0148 + 0,528 CE _{1:5}	0,95**	CE _{es} = 0,0104 + 0,0481 CE _{1:5}	0,92**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	Ca ²⁺ _{es} = 0,1492 + 0,0619 Ca ²⁺ _{1:5}	0,87**	Ca ²⁺ _{es} = 0,0015 + 0,0031 Ca ²⁺ _{1:5}	0,80**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	Mg ²⁺ _{es} = 0,0019 + 0,515 Mg ²⁺ _{1:5}	0,88**	Mg ²⁺ _{es} = 0,0226 + 0,0053 Mg ²⁺ _{1:5}	0,78**
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	Na ⁺ _{es} = 0,0329 + 0,0382 Na ⁺ _{1:5}	0,96**	Na ⁺ _{es} = 0,0227 + 0,0318 Na ⁺ _{1:5}	0,98**
K ⁺ mmolc L ⁻¹	K ⁺ _{es} = 0,0301 + 0,1384 K ⁺ _{1:5}	0,95**	K ⁺ _{es} = 0,0457 + 0,0231 K ⁺ _{1:5}	0,91**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	Cl ⁻ _{es} = 0,0485 + 0,0802 Cl ⁻ _{1:5}	0,93**	Cl ⁻ _{es} = - 0,3079 + 0,0250 Cl ⁻ _{1:5}	0,90**
		Relação Solo:água 1:10 (Hz A)	Relação Solo:água 1:10 (Hz C)	
CE dS m ⁻¹	CE _{es} = 0,0118 + 0,0279 CE _{1:10}	0,95**	CE _{es} = 0,0058 + 0,0273 CE _{1:10}	0,99**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	Ca ²⁺ _{es} = 0,012 + 0,0151 Ca ²⁺ _{1:10}	0,59**	Ca ²⁺ _{es} = 0,0313 + 0,0021 Ca ²⁺ _{1:10}	0,72**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	Mg ²⁺ _{es} = 0,0975 + 0,1576 Mg ²⁺ _{1:10}	0,41**	Mg ²⁺ _{es} = 0,0043 + 0,0132 Mg ²⁺ _{1:10}	0,84**
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	Na ⁺ _{es} = 0,0132 + 0,0225 Na ⁺ _{1:10}	0,95**	Na ⁺ _{es} = 0,0143 + 0,0118 Na ⁺ _{1:10}	0,98**
K ⁺ mmolc L ⁻¹	K ⁺ _{es} = + 0,056 + 0,0202 K ⁺ _{1:10}	0,96**	K ⁺ _{es} = 0,0605 + 0,0074 K ⁺ _{1:10}	0,67**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	Cl ⁻ _{es} = 0,0387 + 0,0388 Cl ⁻ _{1:10}	0,90**	Cl ⁻ _{es} = - 0,0439 + 0,0228 Cl ⁻ _{1:10}	0,81**

No horizonte superficial, as relações solo:água apresentaram elevados coeficientes de determinação, exceto para os elementos Ca²⁺ e Mg²⁺. Os coeficientes de determinação de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram baixos ($R^2_{1:2}$ = 0,87, 0,82; $R^2_{1:5}$ = 0,87; 0,88; $R^2_{1:10}$ = 0,59; 0,41 Ca²⁺, Mg²⁺, respectivamente) quando comparados aos R^2 observados para as variáveis CE, Na⁺, K⁺ e Cl⁻ (Tabela 8).

Comportamento similar foi observado para as variáveis Ca²⁺ e Mg²⁺ no horizonte C, baixos ($R^2_{1:2}$ = 0,83, 0,84; $R^2_{1:5}$ = 0,80, 0,78; $R^2_{1:10}$ = 0,72; 0,84 Ca²⁺, Mg²⁺, respectivamente) coeficientes de determinação, quando comparados aos coeficientes de determinação observados para as variáveis CE, Na⁺, K⁺ e Cl⁻ (Tabela 8). Na proporção 1:10 além do cálcio e magnésio, o potássio e o cloreto também apresentaram menores ($R^2_{1:10}$ = 0,67; 0,81 K⁺, Cl⁻, respectivamente) coeficientes de determinação (Tabela 8).

Em maiores proporções de água a solução do solo estará mais sujeita a erros, já que, reações químicas como, por exemplo, peptização, hidrólise, troca de cátions e dissolução mineral distancia os resultados do método padrão (extrato da pasta saturada) (RHOADES et al., 1992).

A CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ Cl^- podem ser analisados via relação solo: água nas proporções solo água de 1:2 e 1:5 devido a boa precisão para estimar as variáveis através das relações, uma vez que existe alta correlação indicando que grande parte da variação do extrato da pasta saturada poderá ser explicada através das relações 1:2 e 1:5.

4.3 Experimento 2: Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico

Os valores de condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) apresentaram correlações significativas ($p < 0,01$) entre o método extrato da pasta de saturação e os outros métodos (cápsula porosa, centrifugação, relação solo água: 1:2; 1:5; 1:10), nos horizontes A e Cg (Tabela 9).

Tabela 9. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e os métodos: cápsula porosa (CP), centrifugação, relações solos: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH extraídos da solução do solo

Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico					
Variável	Horizonte A (0 - 10 cm)				
(Extrato da pasta)	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,94**	0,98**	0,99**	0,97**	0,98**
Ca^{2+}	0,96**	0,92**	0,94**	0,97**	0,93**
Mg^{2+}	0,95**	0,97**	0,91**	0,93**	0,95**
Na^+	0,67**	0,91**	0,81**	0,85**	0,84**
K^+	0,92**	0,87**	0,95**	0,86**	0,86**
Cl^-	0,93**	0,97**	0,97**	0,90**	0,97**
Variável	Horizonte Cg (35 - 60 cm)				
(Extrato da pasta)	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,97**	0,95**	0,98**	0,97**	0,97**
Ca^{2+}	0,93**	0,94**	0,91**	0,85**	0,93**
Mg^{2+}	0,98**	0,87**	0,95**	0,95**	0,94**
K^+	0,96**	0,97**	0,93**	0,82**	0,90**
Na^+	0,93**	0,91**	0,88**	0,90**	0,88**
Cl	0,97**	0,96**	0,98**	0,94**	0,85**

** significativo a 0,01 de probabilidade; ns não significativo;

Todas as correlações analisadas apresentaram coeficiente de Pearson superiores 0,85, apenas a correlação entre o Na^+_{es} com Na^+ extraído via cápsula apresentou valor abaixo de 0,67 (Tabela 9).

4.3.1 Cápsula Porosa para extração de solução de um Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico

O gleissolo apresenta comumente saturação por água em determinado período do ano. No Experimento, esse solo, foi saturado por capilaridade e após 24 horas foram instaladas as cápsulas porosas e, o mesmo apresentava-se extremamente encharcado. Após a drenagem, observou-se um aumento da massa de solo em função da umidade. Na literatura as cápsulas porosas não são indicadas para solos hidromórficos, caso as cápsulas porosas sejam utilizadas devem levar em conta as limitações do método (MORAES; DYNIA, 1990; SOUSA et al., 2009).

A relação entre CE obtida no extrato da pasta saturada e via cápsula porosa, mostrou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e C (Figura 13).

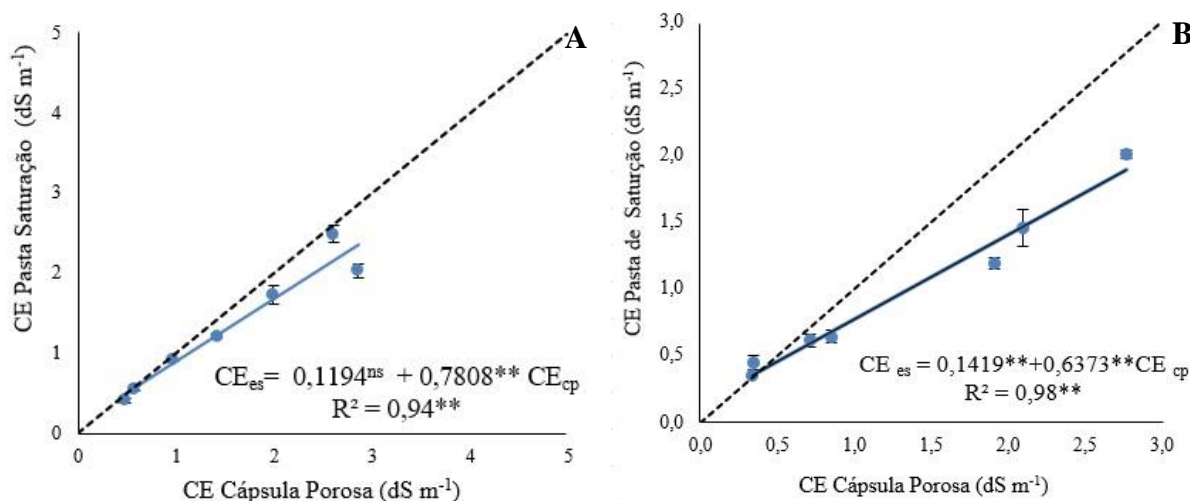


Figura 13. A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a condutividade elétrica extraída via cápsula porosa (CE_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo

Analisando as equações de regressão da condutividade elétrica dos Extratos da Pasta de Saturação (CE_{es}) e da Cápsula Porosa (CE_{cp}), observou-se a superestimação dos resultados para os horizontes A e Cg do Gleissolo. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de CE_{cp} for igual a 1 dS m⁻¹, os valores de CE obtidos pelo método padrão será igual a 0,7846 e 0,7792 dS m⁻¹ (Figura 13 A e B). O que provavelmente pode ter ocasionado o aumento da CE via cápsula porosa, são as reações de troca com os óxidos

(Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, Na₂O, K₂O e SO₃) que compõem a cápsula porosa (WOLT, 1994).

Observa-se regressões de efeito linear positivo ($p < 0,01$), para a relação entre o Ca⁺² obtido no extrato da pasta saturada (Ca⁺²_{es}) e o obtido via cápsula porosa, para ambos os horizontes A e Cg do Gleissolo (Figura 14A e B).

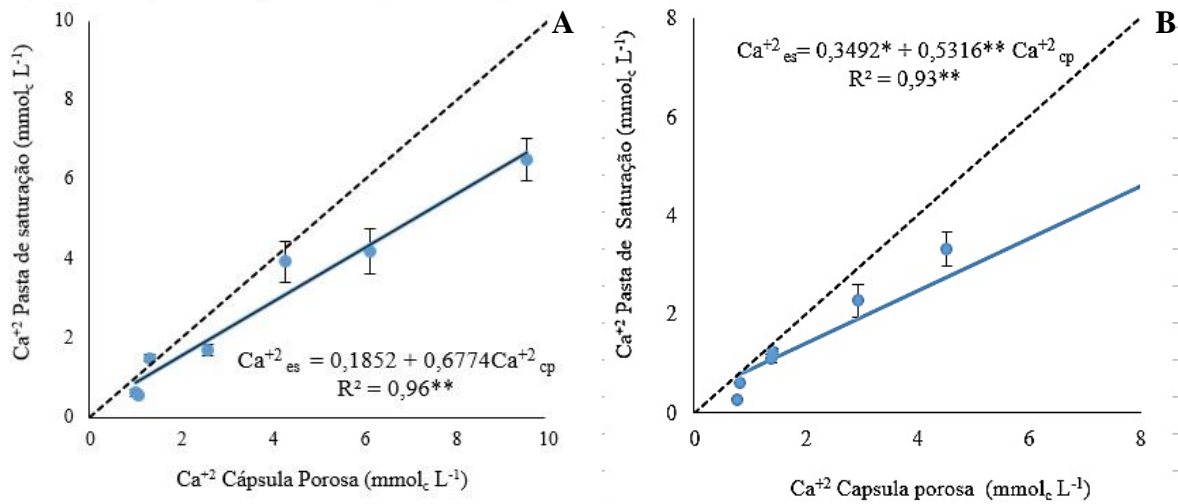


Figura 14. A) Relação entre cálcio extraída do extrato de saturação (Ca⁺²_{es}) e o Ca⁺² obtido na cápsula extratora (Ca⁺²_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo

Os dois horizontes apresentaram comportamento semelhante. Observa-se uma superestimação dos resultados obtidos via cápsula porosa em relação a CE_{es}, o que pode ser observado mediante a análise da equação de regressão.

Na literatura diversos autores observaram o aumento da concentração de cálcio na solução do solo extraída via cápsula porosa, e atribuíram o fato à dissolução de elementos do material constituinte da própria cápsula (óxido de cálcio) (HANSEN, HARRIS, 1975; SILVA; ROSOLEM; WONG, 2004; PEREIRA et al., 2009).

Pereira et al. (2009) observaram que o Ca⁺² liberado dessorvido pelas cápsulas porosas em condições experimentais representaria um acréscimo aproximado de 10% nas amostragens, Moraes e Dynia (1990) acreditam que a superestimação ou subestimação das concentrações de íons na extração via cápsula, pode ser decorrente à adsorção dos íons da solução na superfície da cerâmica.

Para o comportamento entre o Mg⁺² obtido no extrato da pasta saturada (Mg⁺²_{es}) e via cápsula porosa, foram obtidas equações de regressão lineares positivas ($p < 0,01$) para os horizontes A e Cg do GX (Figura 15).

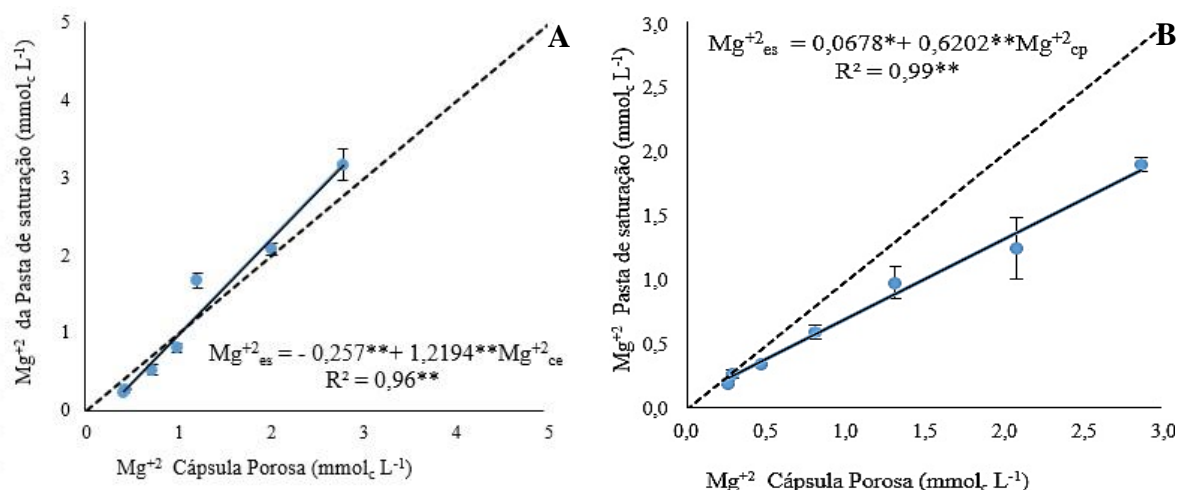


Figura 15. A) Relação entre o Mg^{+2} extraído do extrato de saturação (Mg^{+2}_{es}) e o Mg^{+2} obtido na cápsula extratora (Mg^{+2}_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo

No horizonte A e Cg inicialmente ocorreu um aumento na concentração de Mg^{+2} da cápsula porosa em relação ao método padrão (extrato da pasta saturada), fato este que pode ser observado mediante as análises das equações de regressão. Dado este pode ser comprovado através da equação de regressão, quando os valores de Mg^{+2}_{cp} for igual a 1, os valores de Mg^{+2}_{es} será igual a 0,9624 e 0,688 $mmol_c L^{-1}$ horizonte A e C respectivamente (Figura 15 A e B). No entanto, a medida que aumenta as concentrações de magnésio, é observado um comportamento antagônico entre os métodos, uma vez que no horizonte superficial o extrato da pasta superestima os resultados, no horizonte subsuperficial diagnóstico a cápsula porosa apresenta maiores concentrações de magnésio em relação ao Mg^{+2}_{es} .

Esse padrão pode ser explicado através do fator quantidade como definidor da capacidade de deslocamento de íons do complexo de troca do solo. No horizonte superficial a quantidade de Ca^{+2} em relação à de Mg^{+2} era 3 vezes maior, enquanto que no horizonte Cg a concentração de Ca^{+2} era 7 vezes maior que a de Mg^{+2} , o que provavelmente, resultou em uma maior quantidade de Mg^{+2} na solução do solo no horizonte Cg. A propósito, a composição da cápsula formada por óxidos pode ter resultado em uma maior quantidade de magnésio, visto que, como observado por WOLT (1994) a cápsula porosa possui óxido de magnésio em sua composição.

Litaor (1988) inferiu a superestimação dos teores de Mg^{+2} na solução do solo extraída via cápsula porosa devido a liberação de Mg^{+2} pela cerâmica da cápsula porosa. Silva, Rosolem e Wong (2004) também observaram a liberação de Mg^{+2} da própria cápsula, o que resultou em alterações químicas das soluções do solo extraídas.

Os altos ajustes ($R^2 > 0,95$) encontrados nas equações de regressão para Mg^{+2} extraído via cápsula em relação ao Mg^{+2}_{es} , para os dois horizontes (A e Cg), mostram que os resultados alcançados nesse trabalho podem ser utilizados para outros Gleissolos, com altas concentrações de argila e silte, e caulínico.

Quanto aos valores de K^+ obtido via cápsula porosa em relação ao K^+ no extrato da pasta saturada (K^+_{es}), verificou-se equações de regressão lineares positivas ($p < 0,01$) para os horizontes A e Cg (Figura 16).

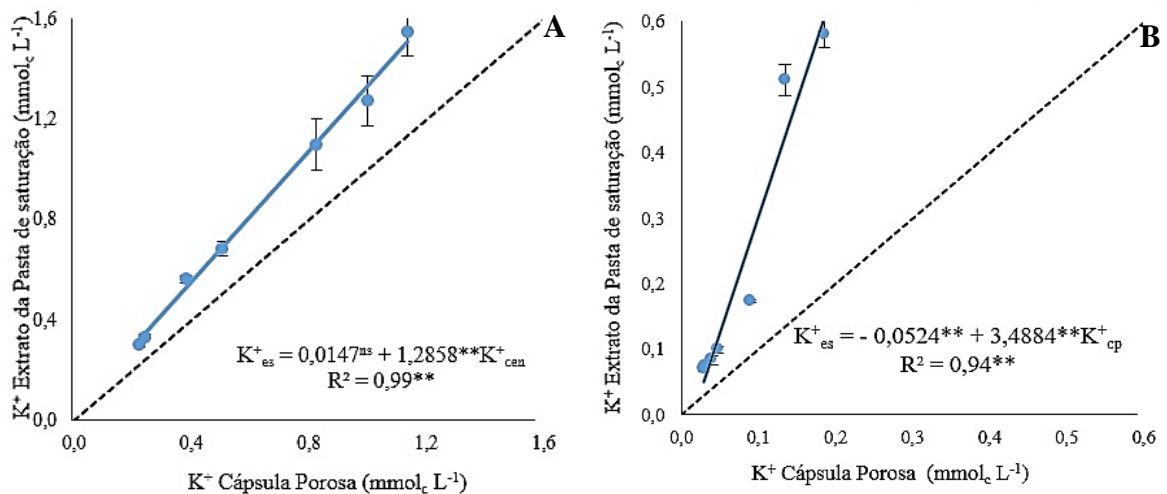


Figura 16. A) Relação entre o K^+ extraído do extrato de saturação (K^+_{es}) e o K^+ obtido na cápsula extratora (K^+_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo

Com relação ao K^+ extraído via cápsula porosa, para ambos os horizontes A e Cg ocorreu uma redução na concentração de K^+ da cápsula porosa em relação ao método padrão (extrato da pasta saturada). Essa redução foi ainda mais acentuada no horizonte Cg, o que pode ser observado quando analisados as equações de regressão. (Figura 16). Costa et al. (2000) ao avaliarem a extração de K^+ e Na^+ por cápsulas de cerâmica porosa, chamaram a atenção, do elemento K^+ ser absorvido a ponto de fazer parte da composição das cápsulas, dado que, o K^+ é preferencialmente, mais adsorvido que o Na^+ .

Contudo, os teores de K^+ quantificados pelo método da cápsula porosa, apresentou coeficiente de determinação maior que 0,90 para os dois horizontes estudados (A e Cg) (Figura 16), validando o método para estimar o K^+ da solução para os dois horizontes estudados do GX (A e Cg).

Para o Na^+ extraído via cápsula porosa em relação ao Na^+ obtido via extrato da pasta saturada (Na^+_{es}), no horizonte A verificou-se que embora encontrada correlação de Pearson ($r = 0,67^{**}$) significativa, apresentou baixo ($R^2 = 0,49$) coeficiente de determinação, mostrando

que apenas 49 % da variação que ocorre na concentração de Na^+ extraído via cápsula porosa é explicada pela concentração Na^+_{es} (Figura 17 A). Os valores de Na^+ extraído via cápsula porosa em relação ao Na^+ obtido via extrato da pasta saturada (Na^+_{es}), no horizonte Cg foram ajustadas linearmente ($p < 0,01$) (Figura 17 B).

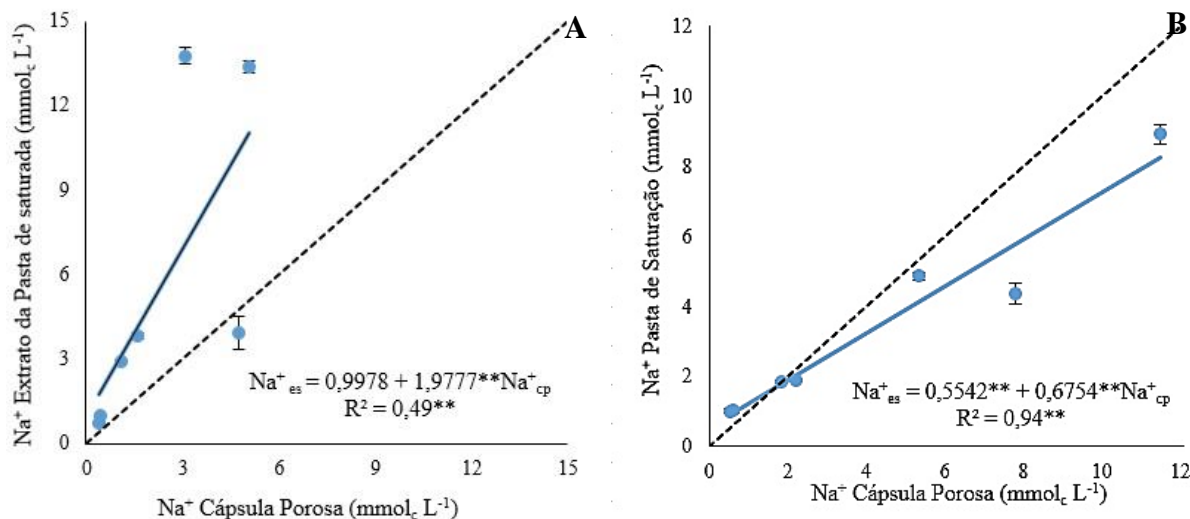


Figura 17. A) Relação entre o Na^+ extraído do extrato de saturação (Na^+_{es}) e o Na^+ obtido na cápsula extratora (Na^+_{cp}), horizonte A do Gleissolo. E B) do horizonte Cg do Gleissolo

A relação entre Na^+_{es} e o Na^+ obtido na cápsula extratora, horizonte Cg (Figura 17 B), apresentou alto coeficiente de determinação ($R^2 > 0,94$). Contudo, os valores de Na^+ obtido na cápsula extratora foram subestimados em relação ao Na^+_{es} nas primeiras concentrações de Na^+ , a medida que a concentração de Na^+ aumenta, o método cápsula porosa superestima os resultados, como pode ser observado mediante a análise da equações de regressão (Figura 17B). Embora Na^+ o K^+ sejam monovalentes, o sódio apresenta maior grau de hidratação em relação ao potássio, sendo preferencialmente menos adsorvidos, pela superfície da cápsula, apresentando-se em uma maior quantidade na solução.

As concentrações de Cl^- na solução extraída via cápsula porosa em relação ao método padrão (extrato da pasta saturada), apresentou bom ajuste linear ($p < 0,01$) (Figura 18).

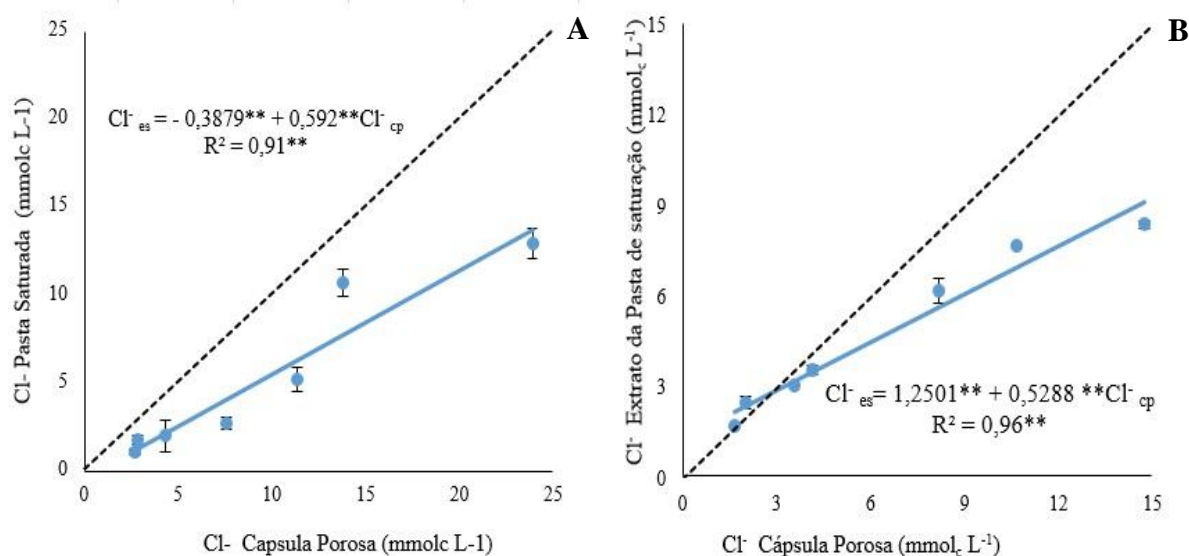


Figura 18. A) Relação entre o Cl^- extraído do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e o Cl^- obtido da cápsula extratora (Cl^-_{cp}), horizonte A do Gleissolo E B) do horizonte Cg do Gleissolo

Levando em consideração toda a equação de regressão, observou-se ao considerar Cl^-_{cp} igual a $1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ os valores de cloreto foram superestimados no horizonte A e subestimados no horizonte Cg. No entanto, quando aumentado a concentração de cloreto o valores de Cl^-_{cp} são superestimados, fato este que pode ser observado mediante as análises das equações de regressão (Figura 18). Os coeficientes de determinação $> 0,90$, evidenciando há viabilidade da cápsula porosa para extração de Cl^- .

Quando o objetivo for estimar os íons (K^+ , Na^+ , Cl^- , Mg^{+2} , Ca^{+2}) e a CE em um Gleissolo Háplico, de textura argilosilteoso (Tabela 2) e mineralogia predominantemente caulínica (Tabela 5), os valores encontrados, via cápsula porosa, mesmo após a correção da umidade poderão ser superestimados, exceto para o K^+ em relação ao método padrão (Extrato da pasta de Saturação). Perante a literatura o K^+ pode ser adsorvido à parede da cápsula, subestimando a concentração do elemento na solução extraída. Entretanto, trabalhos com essa natureza, permitem o desenvolvimento de modelos matemáticos que podem ser usados para correlacionar com precisão, uma vez que os coeficientes de determinação foram maiores que $> 0,90$. Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear de todas as equações obtidas apresentaram significância.

4.3.2 Centrifugação para extração solução do solo em Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GX).

No presente trabalho, obteve-se equações regressões com ajustes lineares ($p < 0,01$) e crescentes entre a CE extraída via centrifugação (CE_{cen}^+) em relação a CE_{es}^+ , no horizonte A e Cg do GX (Figura 19A).

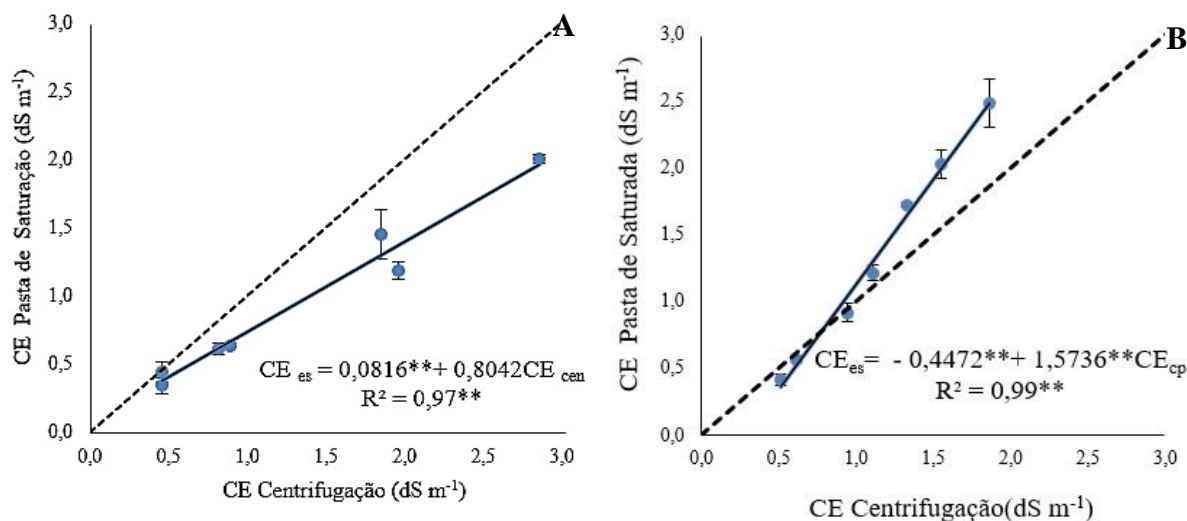


Figura 19. A) Condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na centrifugação (CE_{cen}), horizonte A do Gleissolo E B) do horizonte Cg do Gleissolo

Os resultados demonstram que CE nos horizontes A e Cg apresentaram comportamento distintos, visto que as reta do horizonte A superestima a CE, e a subestima no horizonte Cg em concentrações maiores de CE obtidos via centrifugação (Figura 19 A e B).

Para as concentrações de Ca^{+2} verifica-se equações com ajustes lineares ($p < 0,01$) e crescentes entre a Ca^{+2} extraído via cápsula porosa e o Ca^{+2}_{es} , nos horizontes A e Cg do GX (Figura 20). Os resultados demonstram que Ca^{+2} nos horizontes A e Cg via centrifugação superestima os valores de Ca_{es} (Figura 20 A e B).

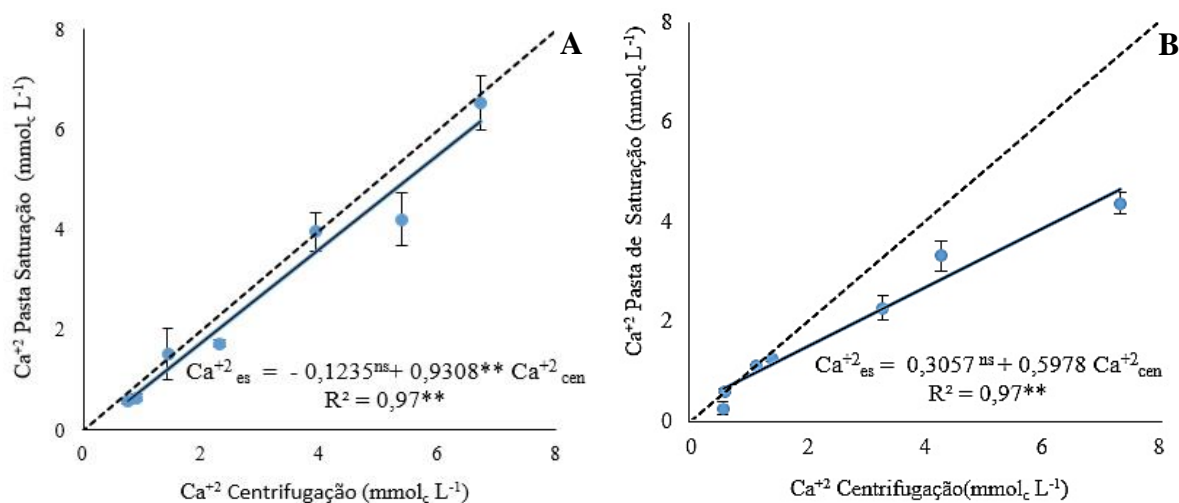


Figura 20. A) Relação entre cálcio extraída do extrato de saturação (Ca^{+2}_{es}) e o Ca^{+2} obtido na centrifugação (Ca^{+2}_{cen}), horizonte A do Gleissolo E B) horizonte Cg do Gleissolo

O Mg^{+2} obtido pelo método da centrifugação apresentou comportamento semelhante ao observado ao elemento Ca^{+2} com equações de regressões lineares ($p < 0,01$) e crescentes entre a Mg^{+2} extraído via centrifugação em relação ao Mg^{+2}_{es} , nos horizontes A e Cg do GX (Figura 21A e B).

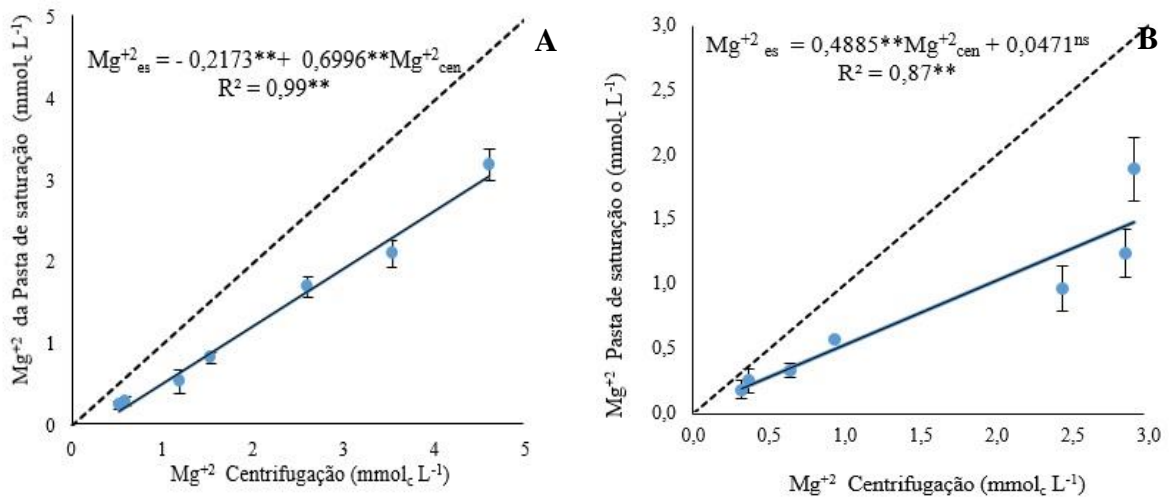


Figura 21. A) Mg^{+2} extraído do extrato de saturação (Mg^{+2}_{es}) e o Mg^{+2} obtida na centrifugação (Mg^{+2}_{cen}), horizonte A do Gleissolo E B) horizonte Cg do Gleissolo

Os resultados demonstram que o Mg^{+2} no horizonte A e Cg superestima os valores de Mg^{+2}_{es} , apresentando coeficientes angulares. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de Mg^{+2}_{cen} for igual a 1, os valores de Mg^{+2} obtidos pelo método padrão será igual a 0,4823 e 0,5356 $mmol_c L^{-1}$ (Figura 21 A e B).

A equação de regressão encontrada entre o K^{+}_{es} e a K^{+} obtida via centrifugação é apresentada na Figura 22 A e 22 B. Pode-se constatar que equações lineares possibilitam estimar K^{+}_{es} do solo a partir do método. Para ambos os horizontes, as equações que apresentaram maior ajuste foram do tipo linear, apresentando satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 > 0,88$).

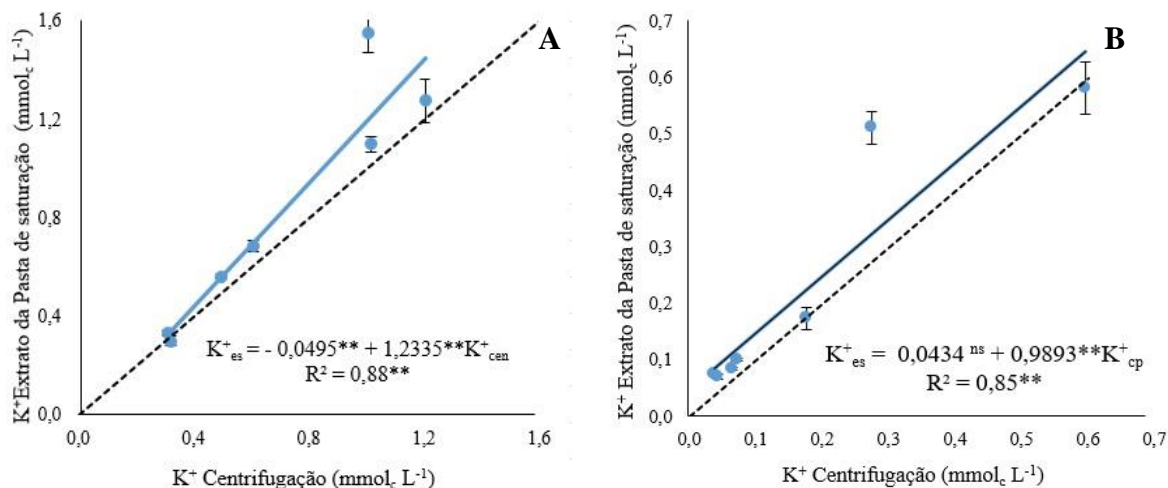


Figura 22. A) Relação entre o K^+ extraído do extrato de saturação (K^+_{es}) e o K^+ obtida na centrifugação (K^+_{cen}), horizonte A do Gleissolo E B) horizonte Cg do Gleissolo

Embora, na equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A e Cg, que os valores de K^+ obtidos via centrifugação foram subestimados quando comparados aos observados no extrato da pasta saturada (K^+_{es}). Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de K^+_{cen} for igual a 1, os valores de K^+ obtidos pelo método padrão será igual a 1,184 e 1,0327 $mmol_c L^{-1}$ (Figura 7A e B).

Analisando a equação de regressão entre os valores de Na^+ extraído através do método da centrifugação pode-se verificar para o horizonte A os valores de Na^+ obtidos via centrifugação foram subestimados quando comparados aos observados no extrato da pasta saturada (Na^+_{es}) (Figura 23A). Comportamento antogônico, foi observado no horizonte Cg como pode ser observado na equação de regressão (Figura 23B). Para ambos os horizontes, as equações apresentaram coeficiente de determinação ($R^2 > 0,87$) (Figura 23A e 23B).

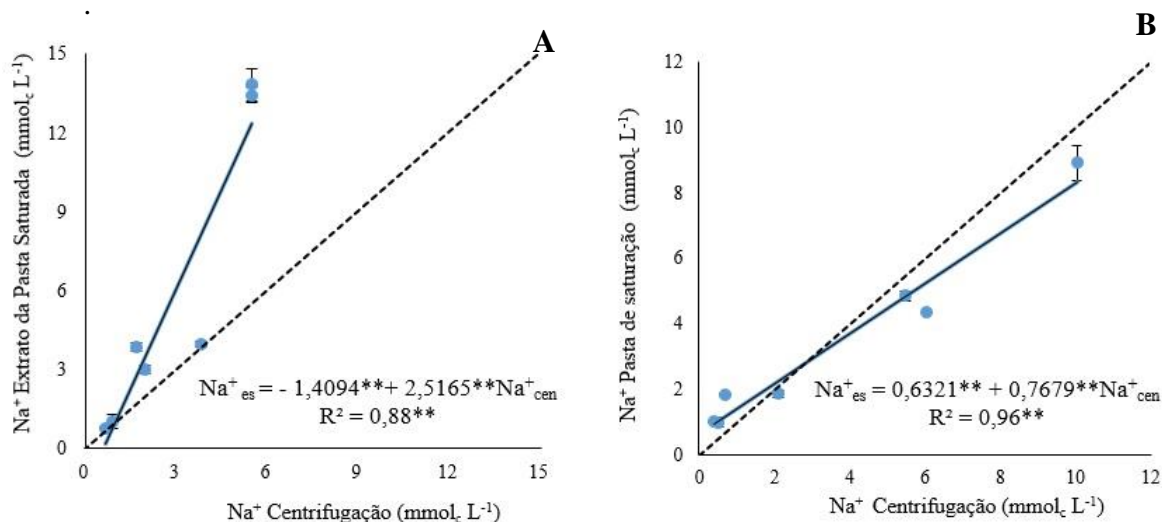


Figura 23. A) Relação entre o Na^+ extraído do extrato de saturação (Na^+_{es}) e o Na^+ obtida na centrifugação (Na^+_{cen}), horizonte A do Gleissolo E B) do horizonte Cg do Gleissolo

Quanto a concentração de Cl^- nos dois horizontes do GX, verificou-se equações de regressão de melhores ajustes foram do tipo linear, apresentando altos coeficientes de determinação ($R^2 = 0,95$ e $0,94$, horizonte A e Cg). No horizonte superficial, observa-se uma redução, fato este evidenciado através da equação de regressão e análise do gráfico (Figura 24A).

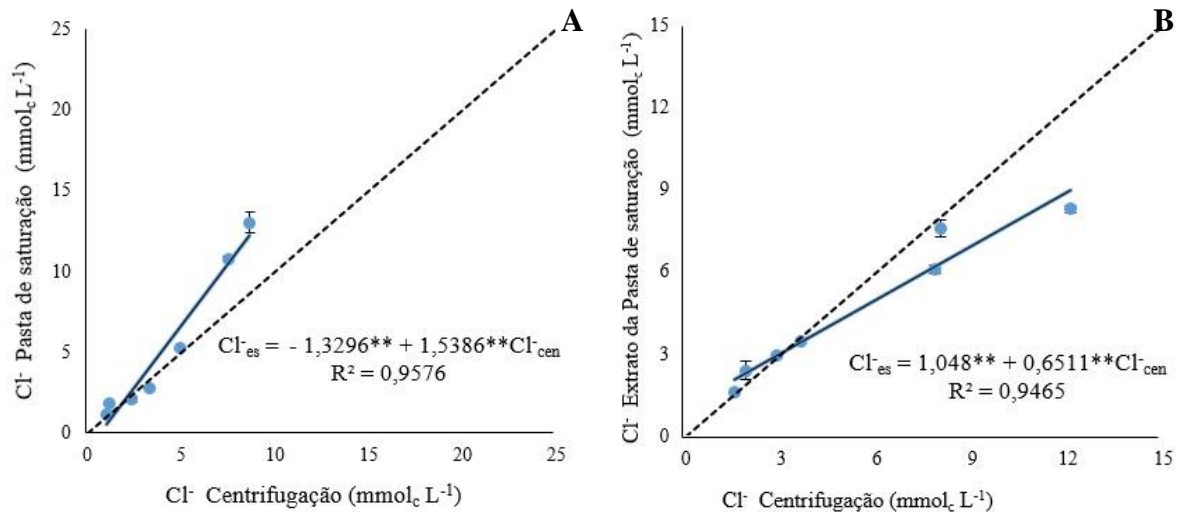


Figura 24. A) Cl^- extraído do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e o Cl^- obtido Cl^- via centrifugação (Cl^-_{cen}), horizonte A do Gleissolo E B) horizonte Cg do Gleissolo

Comportamento diferente foi observado no horizonte Cg, que apontou um aumento na concentração Cl^- extraído via centrifugação, em relação ao método padrão (Extrato da pasta saturada), fato este evidenciado através da equação de regressão e análise do gráfico (Figura 24B).

Com base nos resultados dos altos valores de coeficientes de determinação $R^2 > 0,90$, faz com que as equações estabelecidas nesse trabalho possam ser utilizadas para estimar a condutividade elétrica e as concentrações de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} método padrão via centrifugação (exceto para cálcio e potássio horizonte B), para Gleissolos que possuam características químicas, físicas e mineralógicas similares ao estudado nesse trabalho. Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear de todas as equações obtidas apresentaram significância.

4.3.3 Relação solo água para extração de solução em um Gleissolo Háplico Tb Distrófico tônico.

Observaram-se equações de regressões lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre os parâmetros CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- obtidos do extrato de saturação do solo e as obtidas pelos diferentes extratos solo: solução (1:2; 1:5; 1:10) nos horizontes A e Cg no GX (Tabela 10).

Tabela 10. Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Cg, Gleissolo Háplico Tb Distrófico tíonico (GX)

Gleissolo Háplico Tb Distrófico tíonico (GX)				
Parâmetros	Relação Solo:água 1:2 (Hz A)		Relação Solo:água 1:2 (Hz C)	
	Equação de Regressão	R^2	Equação de Regressão	R^2
CE DS m^{-1}	$\text{CE}_{\text{es}} = 0,0206 + 0,475\text{CE}_{1:2}$	0,99**	$\text{CE}_{\text{es}} = -0,0665 + 0,4924 \text{CE}_{1:2}$	0,98**
Ca^{2+} mmolc L^{-1}	$\text{Ca}^{2+}_{\text{es}} = -0,0287 + 0,3154 \text{Ca}^{2+}_{1:2}$	0,89**	$\text{Ca}^{2+}_{\text{es}} = -0,1428 + 0,4362 \text{Ca}^{2+}_{1:2}$	0,83**
Mg^{2+} mmolc L^{-1}	$\text{Mg}^{2+}_{\text{es}} = 0,1135 + 0,1975 \text{Mg}^{2+}_{1:2}$	0,91**	$\text{Mg}^{2+}_{\text{es}} = 0,0219 + 0,3887 \text{Mg}^{2+}_{1:2}$	0,98**
Na^+ mmolc L^{-1}	$\text{Na}^+_{\text{es}} = 0,9215 + 0,0922 \text{Na}^+_{1:2}$	0,69**	$\text{Na}^+_{\text{es}} = 0,0772 + 0,3586 \text{Na}^+_{1:2}$	0,89**
K^+ mmolc L^{-1}	$\text{K}^+_{\text{es}} = 0,027 + 0,4587 \text{K}^+_{1:2}$	0,99**	$\text{K}^+_{\text{es}} = 0,0126 + 0,1986 \text{K}^+_{1:2}$	0,98**
Cl^- mmolc L^{-1}	$\text{Cl}^-_{\text{es}} = 0,9438 + 0,3537 \text{Cl}^-_{1:2}$	0,96**	$\text{Cl}^-_{\text{es}} = -0,115 + 0,2096 \text{Cl}^-_{1:2}$	0,97**
Relação Solo:água 1:5 (Hz A)		Relação Solo:água 1:5 (Hz C)		
CE DS m^{-1}	$\text{CE}_{\text{es}} = -0,0027 + 0,2128 \text{CE}_{1:5}$	0,97**	$\text{CE}_{\text{es}} = -0,0218 + 0,2299 \text{CE}_{1:5}$	0,97**
Ca^{2+} mmolc L^{-1}	$\text{Ca}^{2+}_{\text{es}} = -0,0386 + 0,1208 \text{Ca}^{2+}_{1:5}$	0,86**	$\text{Ca}^{2+}_{\text{es}} = -0,0226 + 0,1263 \text{Ca}^{2+}_{1:5}$	0,75**
Mg^{2+} mmolc L^{-1}	$\text{Mg}^{2+}_{\text{es}} = 0,0236 + 0,0988 \text{Mg}^{2+}_{1:5}$	0,96**	$\text{Mg}^{2+}_{\text{es}} = 0,0313 + 0,1033 \text{Mg}^{2+}_{1:5}$	0,99**
Na^+ mmolc L^{-1}	$\text{Na}^+_{\text{es}} = 0,2686 + 0,0625 \text{Na}^+_{1:5}$	0,78**	$\text{Na}^+_{\text{es}} = 0,146 + 0,0889 \text{Na}^+_{1:5}$	0,71**
K^+ mmolc L^{-1}	$\text{K}^+_{\text{es}} = -0,0093 + 0,2478 \text{K}^+_{1:5}$	0,87**	$\text{K}^+_{\text{es}} = 0,0105 + 0,1411 \text{K}^+_{1:5}$	0,88**
Cl^- mmolc L^{-1}	$\text{Cl}^-_{\text{es}} = 0,6136 + 0,147 \text{Cl}^-_{1:5}$	0,82**	$\text{Cl}^-_{\text{es}} = -0,0702 + 0,0241 \text{Cl}^-_{1:5}$	0,89**
Relação Solo:água 1:10 (Hz A)		Relação Solo:água 1:10 (Hz C)		
CE DS m^{-1}	$\text{CE}_{\text{es}} = -0,0076 + 0,1061 \text{CE}_{1:10}$	0,96**	$\text{CE}_{\text{es}} = -0,0105 + 0,1143 \text{CE}_{1:10}$	0,97**
Ca^{2+} mmolc L^{-1}	$\text{Ca}^{2+}_{\text{es}} = 0,00356 + 0,0055 \text{Ca}^{2+}_{1:10}$	0,89**	$\text{Ca}^{2+}_{\text{es}} = -0,0775 + 0,1208 \text{Ca}^{2+}_{1:10}$	0,74**
Mg^{2+} mmolc L^{-1}	$\text{Mg}^{2+}_{\text{es}} = -0,006 + 0,0658 \text{CE}_{1:10}$	0,98**	$\text{Mg}^{2+}_{\text{es}} = -0,0137 + 0,0718 \text{CE}_{1:10}$	0,92**
Na^+ mmolc L^{-1}	$\text{Na}^+_{\text{es}} = 0,122 + 0,0247 \text{Na}^+_{1:10}$	0,77**	$\text{Na}^+_{\text{es}} = +0,0053 + 0,0338 \text{Na}^+_{1:10}$	0,83**
K^+ mmolc L^{-1}	$\text{K}^+_{\text{es}} = -0,0395 + 0,093 \text{K}^+_{1:10}$	0,87**	$\text{K}^+_{\text{es}} = +0,01126 + 0,0368 \text{K}^+_{1:10}$	0,82**
Cl^- mmolc L^{-1}	$\text{Cl}^-_{\text{es}} = 0,3228 + 0,0692 \text{Cl}^-_{1:10}$	0,98**	$\text{Cl}^-_{\text{es}} = +0,1818 + 0,1048 \text{Cl}^-_{1:10}$	0,73**

É observado que nas relações solo: água 1:2, nos horizontes A e Cg no GX, que a maioria dos parâmetros avaliados (CE, Mg^{2+} , K^+ , Cl^-) apresentaram coeficientes acima de 0,90, exceto para estimar as concentrações de Ca^{2+} (0,89;0,83) e Na^+ (0,69;0,89), para o horizonte A e Cg respectivamente. Nas relação solo: água 1:5 e 1:10 coeficiente de determinação abaixo de 0,90 também foram para os elementos K^+ ($R^2_{1:5}$:0,87; 0,88; $R^2_{1:10}$:0,87; 0,82) e Cl^- ($R^2_{1:5}$:0,82; 0,89;

$R^2_{1:10}$: 0,73) além que para Ca^{2+} ($R^2_{1:5}$:0,86; 0,75; $R^2_{1:10}$:0,89; 0,74) e Na^+ ($R^2_{1:5}$:0,78; 0,71; $R^2_{1:10}$:0,77; 0,83).

Com base nas relações estabelecidas entre os parâmetros CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- obtidos do extrato de saturação do solo e as obtidas pelo extrato solo: solução 1:2, nota-se alta relação existente entre as variáveis CE, Mg^{2+} , K^+ , Cl^- relacionadas apresentando de coeficiente de determinação acima de 0,90. Portanto, pode-se afirmar que é possível estimar esses parâmetros através do preparo de extratos aquosos 1:2 de uma maneira bem mais rápida e prática quando comparada com o método padrão estabelecidos por Richards (1954).

De acordo com Dias et al. (2005), a estimativa da CE em relação 1:2 (solo: água destilada) tem a vantagem de ser rápida, ter custos relativamente reduzidos e não precisar de equipamentos para retirar o extrato do solo. Porém apresenta o inconveniente de necessitar do preestabelecimento da relação entre a CEes e a CE1:2. As características de retenção de umidade do solo, troca catiônica, a composição e a concentração total dos sais podem afetar as relações solo:água.

Para as maiores relações solo: água 1:5 e 1:10, apenas para os parâmetros CE e Mg^{2+} apresentaram coeficiente de determinação acima de 0,95, pode-se afirmar que é possível estimar CE e Mg^{2+} , através do preparo de extratos aquosos 1:5 e 1:10.

4.4 Experimento 3: Luvisolo Háptico Órtico típico (TX)

Os valores de condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), apresentaram correlações significativas entre o método extrato da pasta de saturação e os outros métodos (cápsula porosa, centrifugação, relação solo água: 1:2; 1:5; 1:10) nos horizontes A e Bt do Luvisolo Háptico Órtico típico (TX) (Tabela 11).

Tabela 11. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e métodos: cápsula porosa (CP), centrifugação, relações solo: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH extraídos da solução do solo, Luvissole Háplico Órtico típico (TX)

Luvissole Háplico Órtico típico (TX)					
Variável		Horizonte A (0 - 10 cm)			
(Extrato da pasta)	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,87**	0,90**	0,98**	0,95**	0,92**
Ca ²⁺	0,90**	0,86**	0,87**	0,89**	0,68**
Mg ²⁺	0,69**	0,64**	0,76**	0,80**	0,75**
Na ⁺	0,69**	0,98**	0,97**	0,97**	0,98**
K ⁺	0,47*	0,88**	0,91**	0,89**	0,94**
Cl ⁻	0,90**	0,95**	0,89**	0,94**	0,76**
Variável		Horizonte Bt (30 - 48 cm)			
(Extrato da pasta)	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,97**	0,96**	0,97**	0,98**	0,96**
Ca ²⁺	0,94**	0,94**	0,88**	0,97**	0,71**
Mg ²⁺	0,95**	0,94**	0,96**	0,89**	0,90**
Na ⁺	0,97**	0,96**	0,97**	0,98**	0,68**
K ⁺	0,84**	0,97**	0,94**	0,84**	ns
Cl	0,90**	0,95**	0,89**	0,94**	0,76**

** significativo a 0,01 de probabilidade; ns não significativo

Em geral, os valores de correlação foram significativos a 0,01, estando sempre acima de 0,60, indicando que os métodos estudados apresentaram comportamento semelhante ao extrato de saturação, definido como método de referência. Exceto para o potássio (K⁺) que apresentou coeficiente de correlação entre o extrato de saturação e cápsula porosa abaixo de 0,50 com significância a 0,05.

4.4.1 Cápsula Porosa para extração de solução de um Luvissole Háplico Órtico típico

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre a CE estimada via extração com a cápsula porosa e a CE obtida pelo extrato da pasta de saturação (CE_{es}) nos horizontes A e Bt em um Luvissole Háplico (Figura 25).

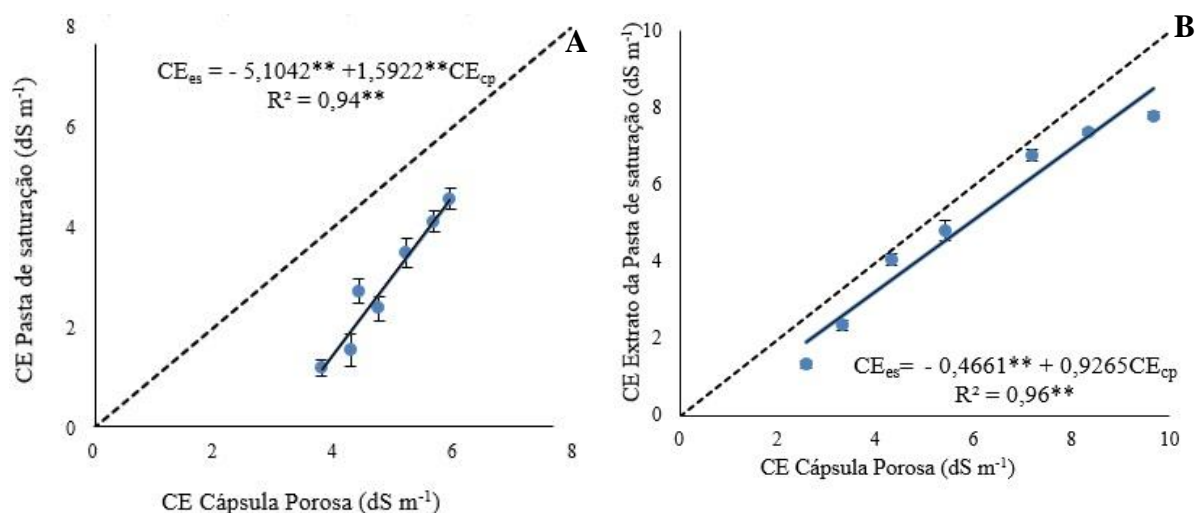


Figura 25. A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida na cápsula extratora (CE_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B), horizonte Bt do Luvissole

Os valores de condutividade elétrica obtidos via cápsula porosa apresentaram comportamentos semelhantes, tanto no horizonte superficial, como no diagnóstico subsuperficial, foram observadas uma superestimação da CE_{cp} . No entanto a superestimação no horizonte superficial foi muito superior ao observado no subsuperficial. Fato esse, que podem ser observados ao analisar as equações de regressão (Figura 2). A maior superestimação no horizonte A, pode estar associada textura do solo, visto que o horizonte superficial apresenta textura francoarenosa e o Bt textura argilosa (Tabela 3)

Para RICHARDS (1954), o teor e o tipo de argila predominante no solo podem agir como interferentes na concentração de íons na solução e, conseqüentemente, no valor da CE. A argila age como um acumulador de íons por meio sistemático de adsorção e posterior dessorção iônica, sendo influenciada principalmente pela temperatura e pela concentração iônica da solução. Assim, quanto maior as concentrações de íons específicos, maior será a adsorção deste no complexo coloidal.

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2011) ao avaliarem curvas de calibração para extratores de solução providos de cápsulas porosas no monitoramento da condutividade elétrica na solução, para um solo argiloso. Esses autores verificaram uma superestimação nos valores de CE no solo arenoso.

Em solos argilosos o uso de cápsulas porosas para extração da solução do solo, tem se tornado uma prática recomendada, já que ocorre uma aderência da cápsula porosa ao solo possibilitando a aplicação do vácuo para sucção da solução (DIAS et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011). Supostamente a elevada quantidade de areia, observado no horizonte superficial, dificultou a utilização do extrator, pois a aderência da cápsula ao solo foi dificultada, impossibilitando a aplicação do vácuo para sucção da solução.

Para os dois horizontes A e Bt, observou-se altos ($R^2 = 0,97$ e $0,98$) valores de coeficiente de determinação respectivamente, o que permite o uso das equações de regressão linear para estimar o CE_{es} em Luvisolos com textura e mineralogia próximas ao estudado nessa pesquisa.

Nas equações de regressão obtida para determinação de cálcio, pode-se verificar para os horizontes A e Bt, que os valores de Ca^{2+} obtidos via cápsula porosa em relação ao observado no extrato da pasta saturada (Ca^{2+}_{es}) foram superestimados, Fato esse, que podem ser observados ao analisar as equações de regressão (Figura 26).

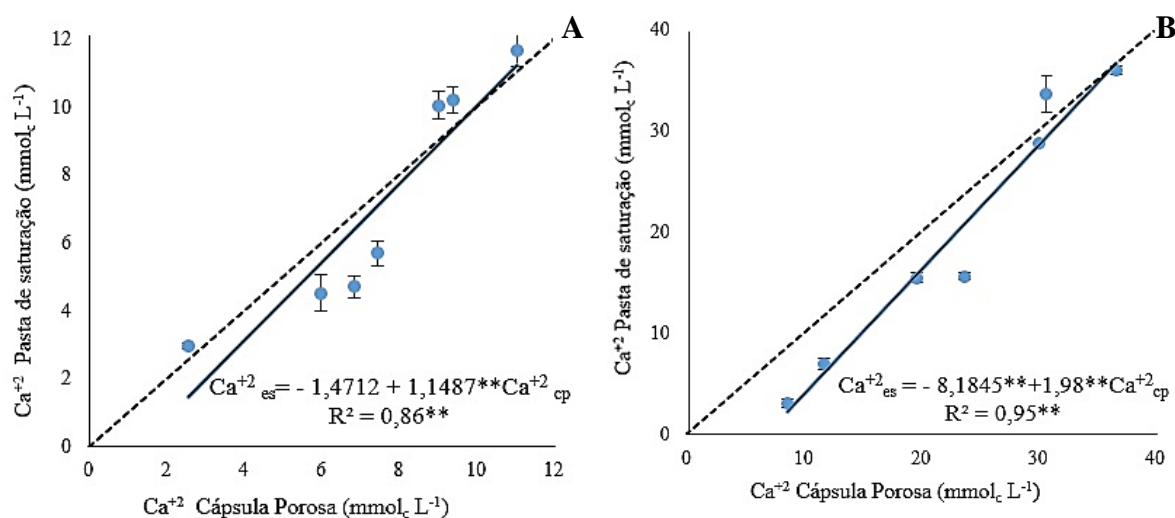


Figura 3. A) Relação entre o Ca^{2+} extraída do extrato de saturação (Ca^{2+}_{es}) e a Ca^{2+} obtido na cápsula extratora (Ca^{2+}_{cp}), horizonte A do Luvissolo. E B), horizonte Bt do Luvissolo

Apesar de haver uma pequena dispersão ao redor da linha 1:1 entre o cálcio obtido no extrato de saturação (Ca^{2+}_{es}) e estimado a partir dos extratores de cápsula porosa (Figura 26A). Observou-se altos ($R^2 = 0,85$; $0,95$) valores dos coeficientes de determinação, o que permite o uso da equação de regressão linear para estimar o Ca^{2+}_{es} .

A análise mineralógica do solo TX revelou a presença de esmectita (Tabela 5), na fração argila o que garante o predomínio de cargas negativas permanentes, decorrente da substituição iônica dos cátions centrais nos tetraedros ou nos octaedros dos minerais. Nesses solos espera-se o predomínio de cargas negativas, mesmo para baixos valores de pH (ALLEONI; MELLO; ROCHA, 2009).

O elemento cálcio por se tratar de um cátion bivalente e com pequeno raio de hidratação é fortemente adsorvido pelos colóides, muito mais fortemente que potássio, magnésio, sódio e amônio (KHALAJABADI; HERNÁNDEZ, 2012). Justificando portanto, a menor presença

desse íon em solução, dado que solos com argila tipo 2:1 retêm fortemente o Ca^{2+} , liberando-o lentamente para a solução.

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) nos teores de Mg^{2+} presentes na solução do solo extraídos pela metodologia padrão (extrato de saturação) em relação a cápsula porosa (Figura 27).

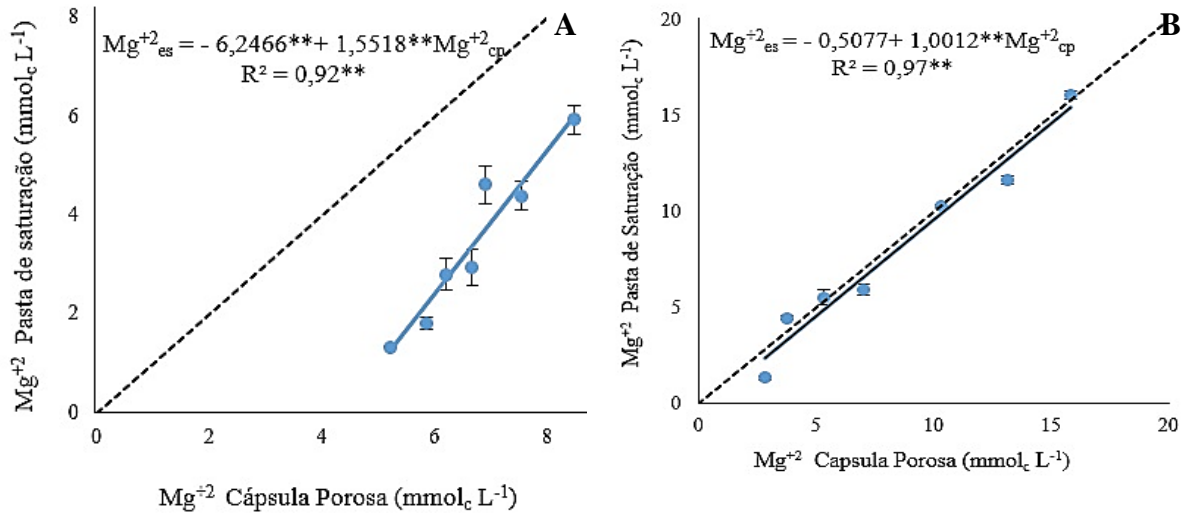


Figura 4. A) Relação entre o magnésio extraído do extrato de saturação (Mg^{2+}_{es}) e o Mg^{2+} obtido na cápsula extratora (Mg^{2+}_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B) do horizonte Bt do Luvissole

Os pontos que apresentam os valores médios de Mg^{2+} mostraram-se distantes da linha tracejada 1:1 no horizonte A, havendo uma superestimação dos valores de Mg^{2+} extraídos via cápsula porosa em relação ao Mg^{2+}_{es} . No horizonte A, em concentrações baixas de Mg^{2+} , a equação encontrada não é capaz de estimar o Mg^{2+} obtido via extrato da pasta de saturação para os Luvissoles, visto que os valores encontrados, serão negativos, afirmação esta, que pode ser observada ao analisar a equação de regressão (Figura 27). No entanto, para concentrações acima de $4,4 \text{ mmol}_c \text{L}^{-1}$ observada via cápsula porosa, é possível utilizar a equação, devido ao alto ajustamento ($R^2 0,92$) e a resposta com valores positivos.

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) nos teores de K^+ presentes na solução do solo extraídos pela metodologia padrão (extrato de saturação) em relação a cápsula porosa (Figura 27).

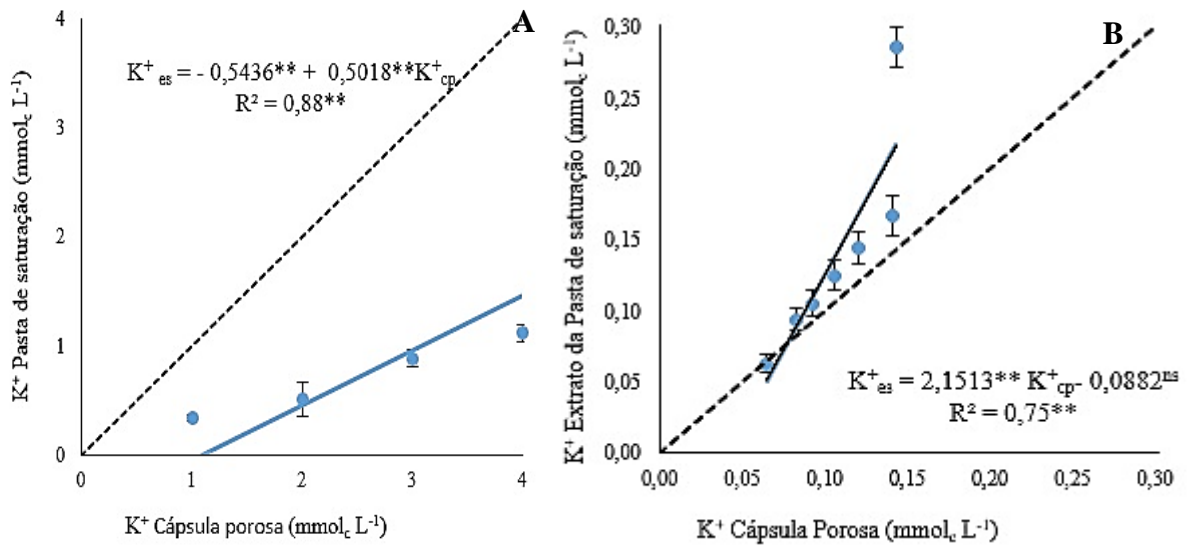


Figura 5. A) Relação entre o potássio extraída do extrato de saturação (K^+_{es}) e a K^+ obtido na cápsula extratora (K^+_{cp}), horizonte A do Luvissolo. E B), horizonte Bt do Luvissolo

No horizonte A do TX, o K^+ estimado extraído via cápsula porosa, apesar de significativo ($p < 0,05$) apresentou baixa ($r = 0,47^*$) correlação com o método padrão (Tabela 9) (Figura 28 A). No horizonte Bt observou-se equações lineares significativas ($p < 0,01$) e positivas para os teores de K^+ presentes extraídos via cápsula em relação ao método padrão (Figura 28 B). O K^+ extraído via cápsula porosa em relação ao K^+_{es} , apresentou superestimado no horizonte A e subestimando no horizonte B. A mineralogia com predomínio de esmectita, supostamente influenciou na retenção do elemento e menor quantidade na solução do solo.

Segundo Portela e Abreu (2018) ao adicionar ao solo sais potássicos solúveis, o que ocorre é que parte do K fica na forma solúvel e permutável, no entanto, uma outra parte pode ser retida no espaço intercamada dos minerais 2:1 (ilitas e micas alteradas, vermiculitas, interestratificados e certas esmectitas, como as de alta carga), ficando numa forma que não é extraível (PORTELA; ABREU. 2018). Segundo Chaves e Kinjo (1987) solos que possuem mineral do tipo 2:1 em sua fração argila retêm fortemente o K, liberando-o lentamente para a solução.

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) para os teores de Na^+ , para os dois horizontes. No horizonte A, em concentrações baixas de Na^+ , a equação encontrada não é capaz de estimar o Na^+ obtido via extrato da pasta de saturação para os Luvissoles, visto que os valores encontrados, serão negativos, afirmação esta, que pode ser observada ao analisar a equação de regressão. No entanto, para concentrações acima de $3,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ observada via cápsula porosa, é possível utilizar a equação, devido ao alto ajustamento ($R^2 0,92$) e a resposta com valores positivos.

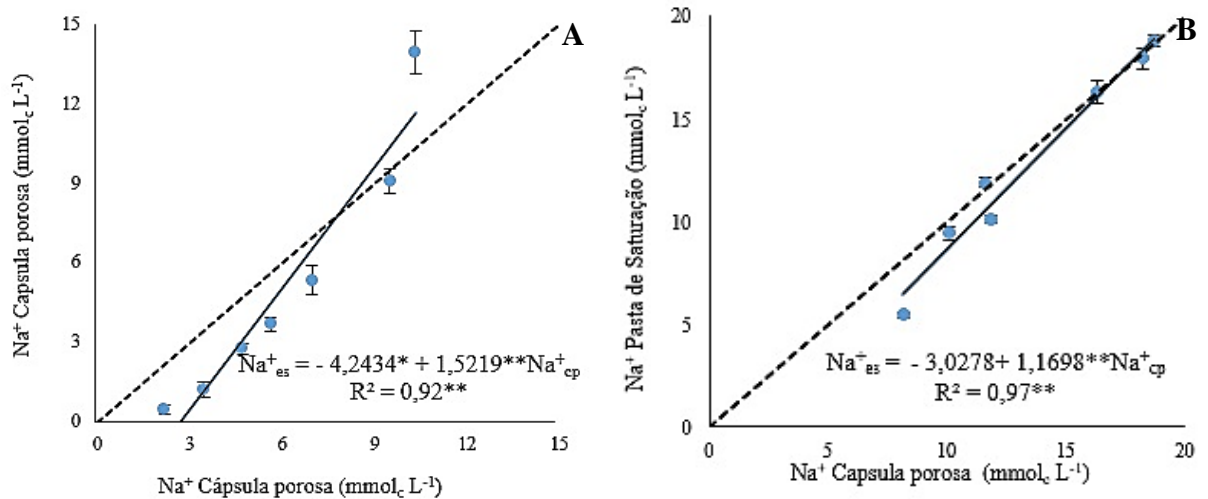


Figura 6. A) Relação entre o sódio extraída do extrato de saturação (Na^+_{es}) e o Na^+ obtido na cápsula extratora (Na^+_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B), horizonte Bt do Luvissole

Em relação ao horizonte Bt a extração de Na^+ via cápsula porosa apresentou um superestimação dos resultados em relação ao método padrão, em concentrações baixas de Na^+ , a equação encontrada não é capaz de estimar o Na^+ obtido via extrato da pasta de saturação para os Luvissoles, visto que os valores encontrados, serão negativos, afirmação esta, que pode ser observada ao analisar a equação de regressão (Figura 29). No entanto, para concentrações acima de $3,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ observada via cápsula porosa, é possível utilizar a equação, devido ao alto ajustamento ($R^2 0,97$) e a resposta com valores positivos.

Algumas pesquisas têm observado alterações na composição química da solução extraída, devido processos de liberação de cátions ou exclusão destes pela superfície das cápsulas. Costa et al. (2000) avaliando a extração de Na^+ por cápsulas de cerâmica porosa, observaram que a concentração de Na^+ na solução externa, apresentou uma distribuição de valores muito próximas da relação 1:1, e também observaram que o elemento é adsorvido pela cápsula fazendo parte da sua composição, o que justifica a subestimação dos resultados.

Souza et al. (2013) observaram, ao comparar o Na^+ extraído pela pasta saturada e a obtida via cápsula porosa, em um Neossolo Regolítico com textura franca, médias muito próximas da linha tracejada 1:1, indicando uma alta correlação.

O cloreto do extrato de saturação (Cl^-_{es}) correlacionou-se positivamente e significativamente ($p < 0,01$) com o Cl^- obtido pelos diferentes métodos (Figura 30).

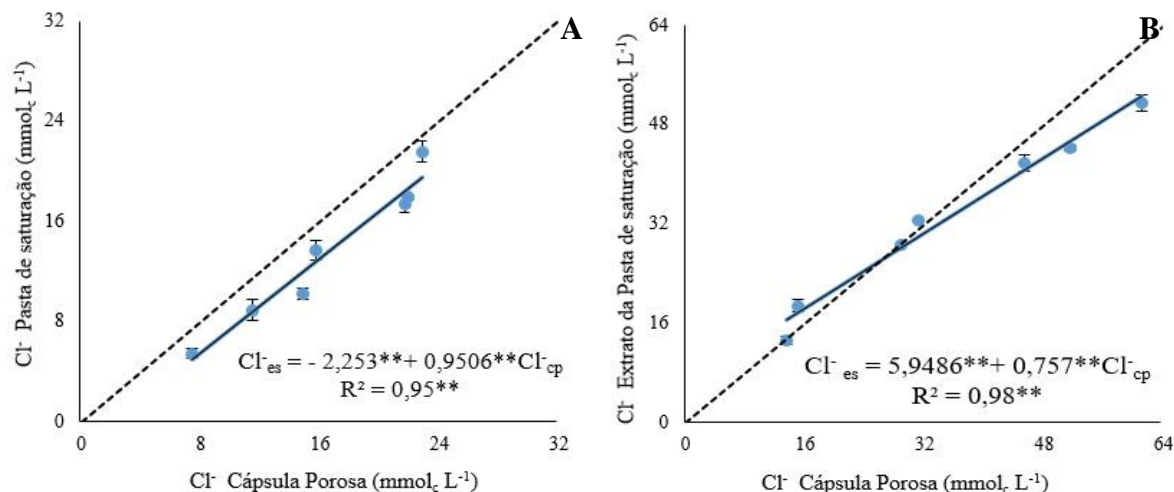


Figura 7. A) Relação entre o cloreto extraído do extrato de saturação (Cl_{es}) e a Cl obtido na cápsula extratora (Cl_{cp}), horizonte A do Luvissole. E B), horizonte Bt do Luvissole

Para os valores de Cl_{es} observa-se comportamento similares é observado uma superestimação do Cl_{es} , nos horizontes A e o Bt. Contudo independente do comportamento observado, as regressões para determinação das concentrações Cl^- , via cápsula porosa, apresentaram ajustamento da reta alto ($>0,90$) (Figura 30), para os dois horizontes.

Altos valores de coeficientes de determinação (R^2), exceto para K^+ e Ca^{2+} e faz com que as equações estabelecidas nesse trabalho possam ser utilizadas para estimar a condutividade elétrica e as concentrações de Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- via cápsula porosa, para Luvissoles (horizonte superficial e subsuperficial diagnóstico), que possuam características químicas, físicas e mineralógicas similares ao estudado nesse trabalho. Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear apresentaram significância.

4.4.2 Centrifugação para extração de solução de um Luvissole Háplico Ortico típico (TX)

A regressão linear entre a CE_{es} e CE_{cen} apresentou efeito significativo ($p < 0,01$). Nos horizontes A e B os pontos que representam as médias ficaram próximas a linha tracejada 1:1, apresentando uma pequena subestimação na CE_{es} .

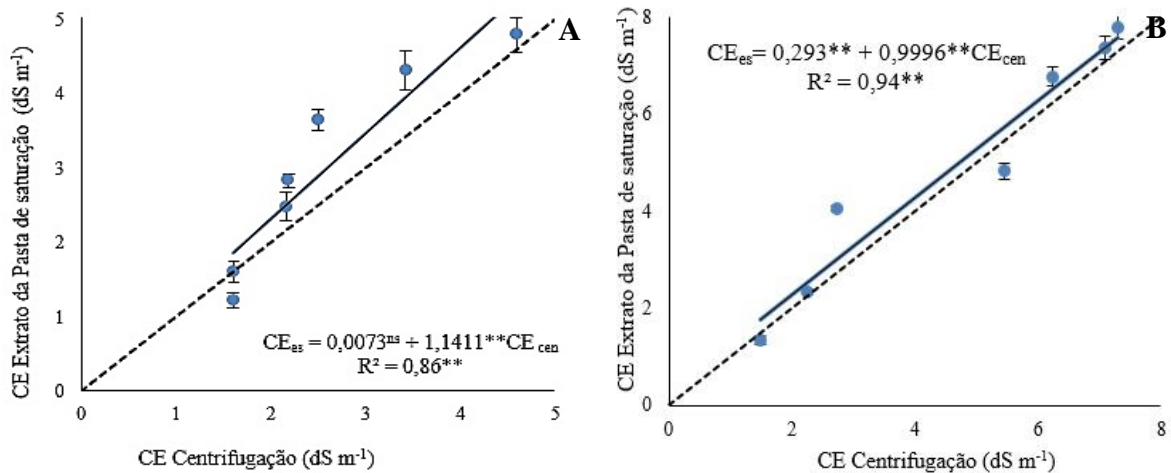


Figura 8. Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação (CE_{es}) e o obtido na centrifugação (CE_{cen}), horizonte A do Luvissole. E B), horizonte Bt do Luvissole

A centrifugação, diferente da cápsula, possui menores riscos de contaminação, uma vez que o material que está em contato com o solo é inerte. Perez (2002) avaliando a influência que o tempo e velocidade de centrifugação têm sobre a composição da solução do solo em dois solos de textura argilosa (Latossole Vermelho-Amarelo distrófico e Latossole Amarelo átrico), concluíram que a aplicação de uma força centrífuga relativa de 2.260 g por 60 minutos apresenta-se como o procedimento mais apropriado para se extrair a solução do solo pela técnica de centrifugação.

Nesse estudo, realizado em Luvissole Háplico foram utilizados os mesmos valores (2.260 g por 60 minutos) de tempo e força centrífuga, do experimento de Perez (2002), constatando-se que, a metodologia aplicada neste experimento para o respectivo solo foi capaz de extrair a água capilar fortemente retida aos colóides, correlacionando dessa maneira de forma satisfatória ao método padrão (Extrato da pasta).

Os valores de Ca^{2+} obtidos pelo método da centrifugação apresentaram comportamento antagônicos nos horizontes, sendo observado um superestimação no horizonte superficial e uma subestimação dos valores de Ca^{2+} no horizonte subsuperficial diagnóstico (Figura 32).

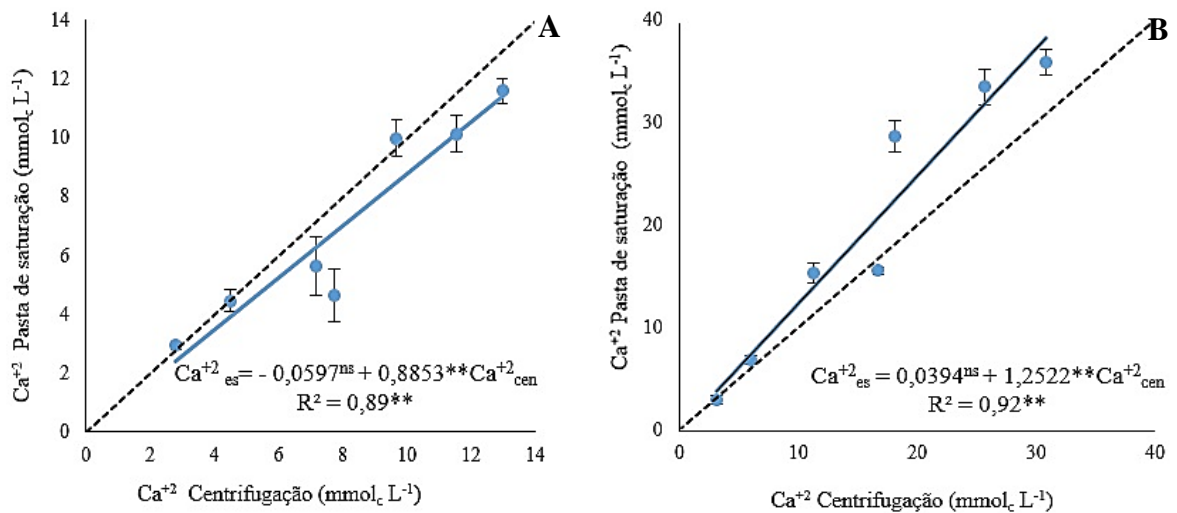


Figura 9. Relação entre a cálcio extraído do extrato de saturação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$) e o Ca^{2+} obtido na centrifugação ($\text{Ca}^{2+}_{\text{cen}}$), horizonte A do Luvissole. E B), horizonte Bt do Luvissole

Geibe et al. (2006) comparando a química da solução do solo por diferentes métodos, também encontraram maiores concentrações de cálcio na solução do solo obtida via centrifugação em relação a extração de Ca^{2+} por métodos *in situ* (dois tipos de lisímetros de sucção e lisímetros de tensão zero).

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) nos teores de Mg^{2+} presentes na solução do solo extraídos pela metodologia padrão (extrato de saturação) em relação a centrifugação e cápsula porosa (Figura 33).

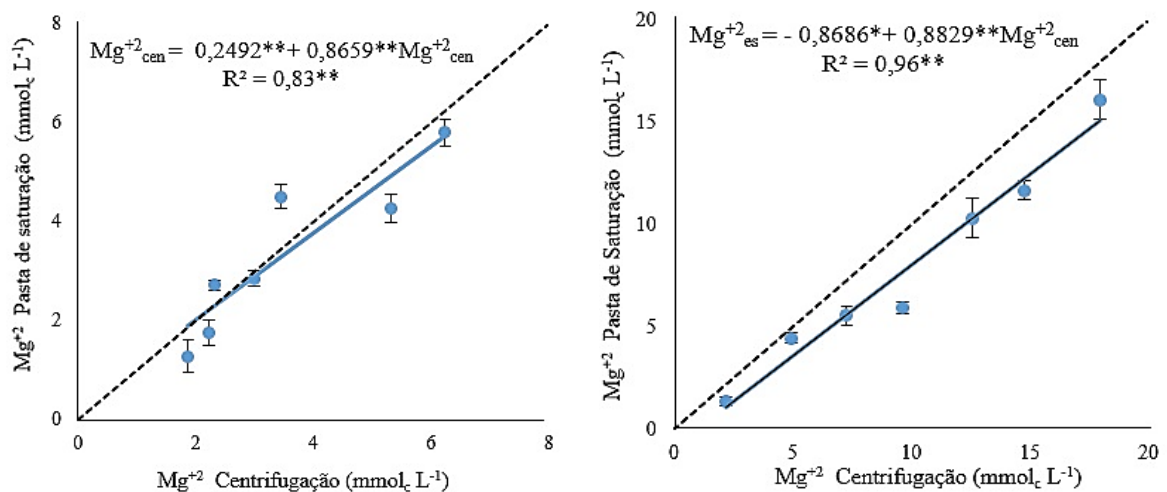


Figura 10. Relação entre magnésio extraído do extrato de saturação ($\text{Mg}^{+2}_{\text{es}}$) e o Mg^{2+} obtido na centrifugação ($\text{Mg}^{2+}_{\text{cen}}$), horizonte A do Luvissole. E B), horizonte Bt do Luvissole

A regressão linear entre as concentrações de Mg^{2+} extraídas pelo método da centrifugação e o $\text{Mg}^{2+}_{\text{es}}$ apresentou alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,82$; $p < 0,01$). Os

pontos mais próximos a linha tracejada 1:1, indica uma maior viabilidade de se estimar de Mg^{2+} via centrifugação (Figura 33).

Segundo Perez e Campos (2003) o método de centrifugação apresenta um baixo nível de contaminação, o que pode ter influenciado para que os valores encontrados estejam mais correlacionados com o obtido pelo método padrão. Resultados semelhantes foram encontrados por Geibe et al. (2006) em solo com textura arenosa siltosa, onde as amostras centrifugadas apresentaram menores concentrações Mg^{2+} quando comparadas a extração de Ca^{2+} por métodos *in situ* (dois tipos de lisímetros de sucção e lisímetros de tensão zero).

Observou-se equações lineares altamente significativas ($p < 0,01$) e positivas para os teores de K^+ presentes na solução do solo extraídos pelo extrato de saturação K^+_{es} em relação ao método da centrifugação (Figura 34).

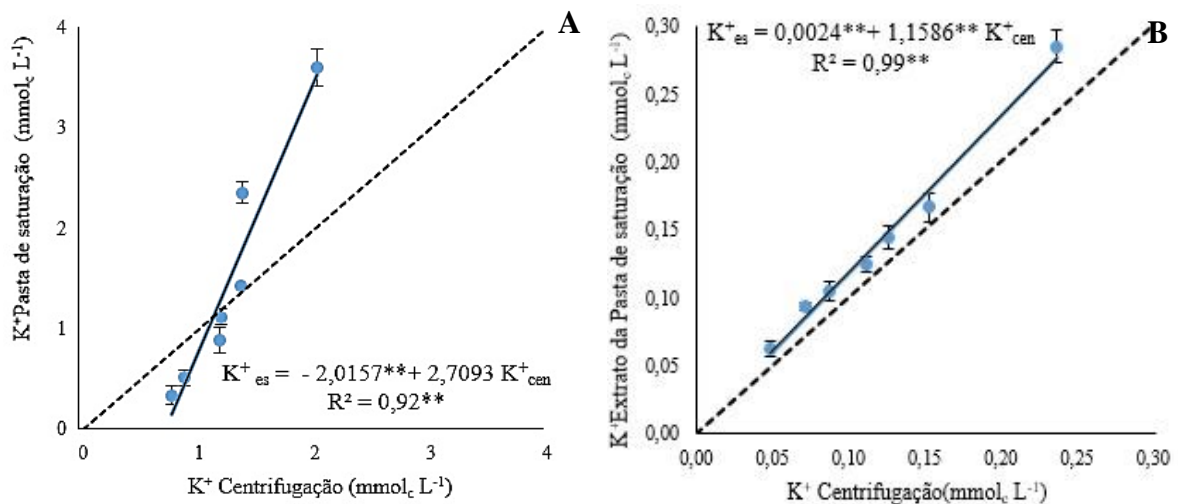


Figura 11. Relação entre o potássio extraído do extrato de saturação (K^+_{es}) e o K^+ obtido na centrifugação (K^+_{cen}), horizonte A do Luvissole. E B), horizonte Bt do Luvissole

Quanto ao método da centrifugação, observa-se uma subestimação dos dados, já que os pontos médios medidos apresentam-se abaixo da linha tracejada 1:1. No entanto, observou-se alto ajuste ($R^2 = 0,88$). Segundo Gloaguen et al. (2009) a água capilar fortemente retida (extraída por centrifugação) apresenta maiores concentrações de íons.

Apesar dos altos valores de R^2 observa-se uma subestimação dos resultados. Segundo Perez (2002), para extração do K^+ é necessária uma velocidade centrifuga maior que 2260 rpm (FCR de 2260 g). A hipótese levantada, é que, os baixos valores da velocidade provavelmente influenciaram menor extração do elemento em Luvissole Háplico com predomínio de esmectita na profundidade 0-10 cm. O K^+ pode formar complexos de esfera interna com minerais de argila 2:1, como vermiculitas e esmectitas, sendo, preferencialmente, mais adsorvido que o Na^+ , além disso, e pode fazer parte da composição mineralógica das cápsulas.

Os resultados mostraram que os valores dos extratos de pasta estão altamente correlacionados com os valores obtidos em diferentes proporções de solo: água. Dessa forma as equações podem ser utilizadas com boa precisão para estimar K^+ es em Luvissoilo Háplico com predomínio de esmectita.

Os valores de Na^+ obtidos pelo método da centrifugação apresentaram médias que se aproximaram da linha tracejada 1:1, indicando elevada correlação com método padrão (extrato da pasta) (Figura 35), o que leva a recomendar a obtenção desse elemento na solução do solo via centrifugação.

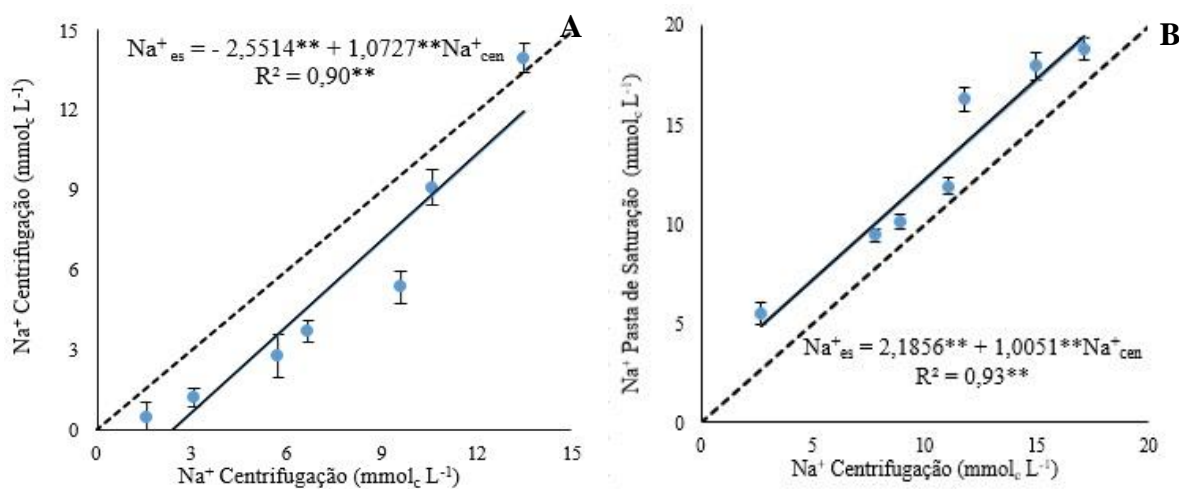


Figura 12. Relação entre o sódio extraída do extrato de saturação (Na^+_{es}) e o Na obtido na centrifugação (Na^+_{cen}), horizonte A do Luvissoilo. E B), horizonte Bt do Luvissoilo

O cloreto do extrato de saturação (Cl^-_{es}) correlacionou-se positivamente e significativamente ($p < 0,01$) com o Cl^- obtido pelos diferentes métodos (Figura 36).

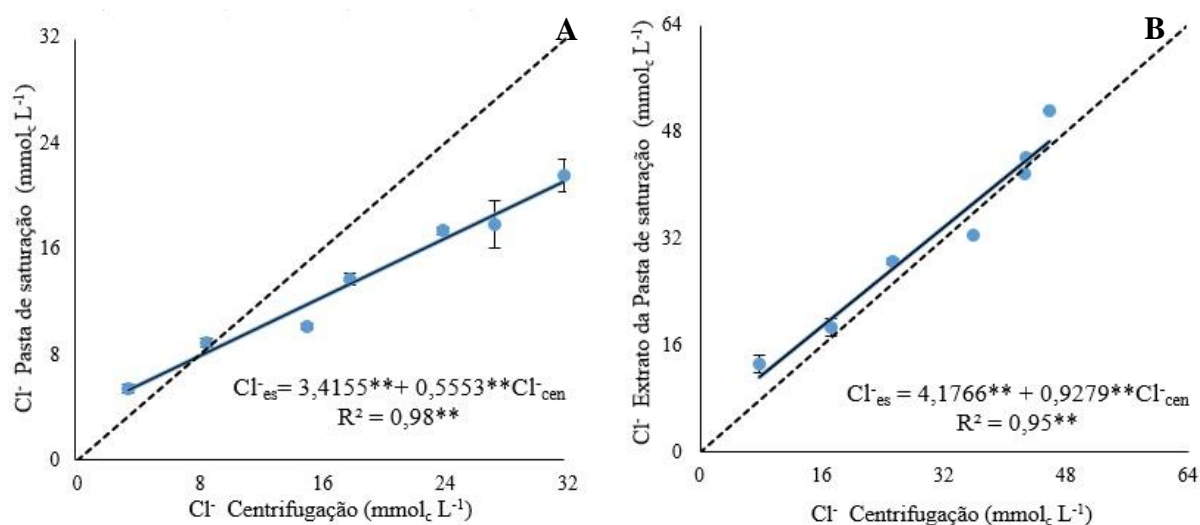


Figura 13. Relação entre a cloreto extraído do extrato de saturação do solo (Cl^-_{es}) e o Cl^- obtido na centrifugação (Cl^-_{cen}), horizonte A do Luvissoilo. E B), horizonte Bt do Luvissoilo

Na equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A e Bt, que os valores de Cl⁻ obtidos via centrifugação foram superestimados no horizonte A e subestimados no horizonte B. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão (Figura 36).

Para os método da centrifugação é observado que os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram valores não satisfatórios ($R^2 < 0,90$), para o horizonte superficial francoarenoso, não sendo possível que as equações estabelecidas nesse trabalho possam ser utilizadas para estimar condutividade elétrica, Ca^{2+} , Mg^{2+} , quanto aos demais parâmetros K^+ , Na^+ e Cl^- apresentaram valores $R^2 < 0,90$. No horizonte subsuperficial com textura argilosa, os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram valores satisfatórios ($R^2 < 0,90$), sendo possível estimar os parâmetros condutividade elétrica, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e Cl^- . Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear apresentaram significância.

4.4.3 Relação Solo: Água para extração de solução de um Luvisolo Háplico Órtico típico

Quanto as relações solo: água, à medida que essa relação aumenta, a CE é diminuída devido aos efeitos de diluição. Os coeficientes angulares da reta apresentaram valores ($a = 0,1184; 0,0608; 0,0353$ para relações solo:água 1:2; 1:5; 1:10, respectivamente) que diminuiram a CE_{es} , quase duas vezes à medida que se aumentou a diluição (Tabela 12).

Tabela 12. Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão das as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Bt, Luvisolo Háplico Órtico típico (TX)

LUVISSOLO HÁPLICO ÓRTICO TÍPICO				
Variáveis	Relação Solo:água 1:2 (Hz A)		Relação Solo:água 1:2 (Hz Bt)	
	Equação de Regressão	R^2	Equação de Regressão	R^2
CE dS m⁻¹	$CE_{es} = 0,0369 + 0,1184 CE_{1:2}$	0,99**	$CE_{es} = 0,0415 + 0,1983 CE_{1:2}$	0,95**
Ca²⁺ mmolc L⁻¹	$Ca^{2+}_{es} = 0,385 + 0,0509 Ca^{2+}_{1:2}$	0,84**	$Ca^{2+}_{es} = 0,4803 + 0,1355 Ca^{2+}_{1:2}$	0,95**
Mg²⁺ mmolc L⁻¹	$Mg^{2+}_{es} = 0,0623 + 0,0726 Mg^{2+}_{1:2}$	0,98**	$Mg^{2+}_{es} = -0,204 + 0,1709 Mg^{2+}_{1:2}$	0,99**
Na⁺ mmolc L⁻¹	$Na^+_{es} = -0,5986 + 0,1150 Na^+_{1:2}$	0,83**	$Na^+_{es} = -0,4322 + 0,1833 Na^+_{1:2}$	0,99**
K⁺ mmolc L⁻¹	$K^+_{es} = -0,72468 + 0,0853 K^+_{1:2}$	0,95**	$K^+_{es} = 0,011 + 0,2611 K^+_{1:2}$	0,97**
Cl⁻ mmolc L⁻¹	$Cl^-_{es} = 0,963 + 0,2091 Cl^-_{1:2}$	0,91**	$Cl^-_{es} = -0,963 + 0,2759 Cl^-_{1:2}$	0,97**
		Relação Solo:água 1:5 (Hz A)	Relação Solo:água 1:5 (Hz Bt)	
CE dS m⁻¹	$CE_{es} = 0,0369 + 0,0608 CE_{1:5}$	0,97**	$CE_{es} = -0,0369 + 0,1025 CE_{1:5}$	0,97**
Ca²⁺ mmolc L⁻¹	$Ca^{2+}_{es} = 0,438 + 0,0203 Ca^{2+}_{1:5}$	0,92**	$Ca^{2+}_{es} = -0,0724 + 0,0496 Ca^{2+}_{1:5}$	0,99**

Mg²⁺ mmolc L⁻¹	$Mg^{2+}_{es} = 0,0103 + 0,0153 Mg^{2+}_{1:5}$	0,93**	$Mg^{2+}_{es} = 0,0881 + 0,0665 Mg^{2+}_{1:5}$	0,94**
Na⁺ mmolc L⁻¹	$Na^{+}_{es} = 0,2759 + 0,0614 Na^{+}_{1:5}$	0,86**	$Na^{+}_{es} = 0,1444 + 0,098 Na^{+}_{1:5}$	0,99**
K⁺ mmolc L⁻¹	$K^{+}_{es} = -0,1316 + 0,0418 K^{+}_{1:5}$	0,97**	$K^{+}_{es} = -0,0145 + 0,1748 K^{+}_{1:5}$	0,88**
Cl⁻ mmolc L⁻¹	$Cl^{-}_{es} = 0,1336 + 0,0783 Cl^{-}_{1:5}$	0,97**	$Cl^{-}_{es} = 0,452 + 0,0281 Cl^{-}_{1:5}$	0,98**
	Relação Solo:água 1:10 (Hz A)		Relação Solo:água 1:10 (Hz Bt)	
CE dS m⁻¹	$CE_{es} = 0,0155 + 0,0353 CE_{1:10}$	0,97**	$CE_{es} = -0,0064 + 0,0514 CE_{1:10}$	0,95**
Ca²⁺ mmolc L⁻¹	$Ca^{2+}_{es} = -0,0666 + 0,0214 Ca^{2+}_{1:10}$	0,72**	$Ca^{2+}_{es} = 0,3068 + 0,0094 Ca^{2+}_{1:10}$	0,92**
Mg²⁺ mmolc L⁻¹	$Mg^{2+}_{es} = 0,0137 + 0,0136 CE_{1:10}$	0,94**	$Mg^{2+}_{es} = 0,0307 + 0,0373 CE_{1:10}$	0,96**
Na⁺ mmolc L⁻¹	$Na^{+}_{es} = 0,1738 + 0,0328 Na^{+}_{1:10}$	0,89**	$Na^{+}_{es} = 0,1092 + 0,0497 Na^{+}_{1:10}$	0,99**
K⁺ mmolc L⁻¹	$K^{+}_{es} = -0,1077 + 0,0313 K^{+}_{1:10}$	0,95**	$K^{+}_{es} = X$	-
Cl⁻ mmolc L⁻¹	$Cl^{-}_{es} = 0,1809 + 0,0427 Cl^{-}_{1:10}$	0,93**	$Cl^{-}_{es} = 0,0526 + 0,036 Cl^{-}_{1:10}$	0,98**

Os resultados encontrados corroboram com Sonmez et al. (2008) ao avaliarem diferentes relações solo:água (1:1, 1:2,5, 1:5) em estudos de salinidade do solo. Estes autores constataram que, as inclinações obtidas nas equações de regressão apresentaram resultados coerentes, já que, aumentavam aproximadamente duas vezes em relação a quantidade de água usada na diluição.

As equações que relacionam os valores de CE do extrato de pasta saturada e os da CE obtidas por meio de soluções mais diluídas mostraram que ambos estão altamente correlacionados, já que apresentam altos ($R^2 = 0,95; 0,97; 0,95$, relação solo: água 1:2; 1:5; 1:10) valores de coeficiente de determinação, podendo dessa forma serem utilizadas com boa precisão para estimar a CEes (Tabela 12).

As equações obtidas via relação solo:água, para extração do Mg^{2+} da solução do solo apresentaram ajustes de 0,98; 0,93 e 0,94; para as relações solo:água 1:2; 1:5 e 1:10, respectivamente ($p < 0,01$) (Tabela 2). Devido à alta relação existente entre as variáveis em que todas apresentaram valores de coeficiente de determinação $> 0,90$, pode-se afirmar que é possível estimar o Mg^{2+} através de extratos aquosos Luvisolo Háplico (textura francoarenosa). Trata-se de uma maneira mais rápida e prática, quando comparado ao preparo extrato aquoso método padrão.

No Luvisolo Háplico são observados altos ($r = 0,94; 0,92$ e $0,93$) valores de coeficiente de correlação de Pearson e altos ($R^2 = 0,95; 0,97$ e $0,95$) ajustes nas três relações solo:água avaliadas ($K^{+}_{1:2}$, $K^{+}_{1:5}$ e $K^{+}_{1:10}$). Os resultados mostraram que os valores dos extratos de pasta estão altamente correlacionados com os valores obtidos em diferentes proporções de solo:água, dessa forma, as equações podem ser utilizadas com boa precisão para determinar K^{+} es em Luvisolo Háplico com predomínio de esmectita (Tabela 12).

Através das equações que correlaciona o Na^+_{es} com o obtido a partir das soluções solo: água, verificou-se que as mesmas podem ser utilizadas com boa precisão para determinar o Na^+_{es} . Devido às altas $\text{Na}^+_{1:2}$, ($r = 0,97$; $\text{Na}^+_{1:5}$ $r = 0,97$, $\text{Na}^+_{1:10}$ $r = 0,98$) correlações e altos ($\text{Na}^+_{1:2}$, $R^2 = 0,83$; $\text{Na}^+_{1:5}$ $R^2 = 0,86$, $\text{Na}^+_{1:10}$ $R^2 = 0,89$) ajustes (Tabela 10). Os coeficientes angulares apresentados ($a_{1:2} = 0,115$; $a_{1:5} = 0,0614$; $a_{1:10} = 0,0328$), aumentam aproximadamente duas vezes em relação a quantidade de água usada na diluição.

A Tabela 10, mostra as equações que relacionam o Cl^-_{es} e o estimado por meio de soluções mais diluídas ($\text{Cl}^-_{1:2}$; $\text{Cl}^-_{1:5}$; $\text{Cl}^-_{1:10}$). Verificou-se altos valores de coeficientes de determinação ($\text{Cl}^-_{1:2}$, $r = 0,89$, $R^2 = 0,83$ $\text{Cl}^-_{1:5}$ $r = 0,94$, $R^2 = 0,86$, $\text{Cl}^-_{1:10}$ $R^2 = 0,89$, $0,76$).

A relação entre a $\text{Ca}^{2+}_{\text{es}}$ e a $\text{Ca}^{2+}_{1:2}$; $1:5$; $1:10$ no TX apresentou altos ($R^2 = 0,95$; $0,99$ e $0,92$) ajustes e elevados ($r = 0,97$; $0,98$; $0,96$) valores de correlação mostrando que é possível determinar o Ca^{2+} em Luvissole Háplico com mineralogia predominante esmectítica, na profundidade 30-48 cm (textura argilosa), com qualquer um dos métodos testados (Tabela 10).

Os altos coeficientes de determinação e de correlação fazem das equações de regressão encontradas nas diferentes diluições (Relação solo:água 1:2; 1:5 e 1:10), uma forma eficiente de para determinar o valor estimado CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- no Luvissole Háplico nas duas profundidades (0-10 e 30-48 cm) e nas duas texturas (textura francoarenosa e argilosa).

Assim como, na textura francoarenosa (0-10 cm), a textura argilosa (30-48 cm) de um Luvissole Háplico também foram observados altos ($r = 0,97$; $0,98$ e $0,96$) valores de correlações e altos ($R^2 = 0,95$; $0,97$ e $0,95$) ajustes nas três relações solo:água 1:2; 1:5 e 1:10, respectivamente. Os coeficientes de determinação da regressão explicam que todas as variações apresentadas na CE estimada pelas diluições solo:água são explicadas pela CE_{es} (Tabela 12).

4.5 Experimento 4: Nitossolo Háplico Distrófico típico

Os resultados das correlações de Pearson entre as estimativas da condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) obtidas via extrato da pasta saturada e os demais métodos (cápsula porosa, centrifugação, relação solo água: 1:2; 1:5; 1:10), em um Nitossolo Háplico Distrófico típico nos horizontes A e Bt são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 63. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e métodos: cápsula porosa (CP), centrifugação relações solo: água

1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH extraídos da solução do solo, Nitossolo Háptico Distrófico típico

Nitossolo Háptico Distrófico típico					
Variável		Horizonte A (0 - 30 cm)			
(Extrato da pasta)	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,97**	0,96**	0,95**	0,97**	0,95**
Ca ²⁺	0,93**	0,96**	0,98**	0,85**	0,93**
Mg ²⁺	0,85**	0,83**	0,93**	0,92**	0,89**
Na ⁺	0,95**	0,97**	0,97**	0,94**	0,98**
K ⁺	0,89** ⁸	0,92**	0,96**	0,93**	0,92**
Cl ⁻	0,98**	0,93**	0,94**	0,95**	0,94**
Variável		Horizonte Bt (+ 55 cm)			
(Extrato da pasta)	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,96**	0,97**	0,97**	0,98**	0,96**
Ca ²⁺	0,95**	0,96**	0,95**	0,97**	0,96**
Mg ²⁺	0,99**	0,98**	0,99**	0,99**	0,80**
K ⁺	0,98**	0,99**	0,99**	0,95**	0,95**
Na ⁺	0,99**	0,98**	0,99**	0,96**	0,90**
Cl	0,96**	0,94**	0,98**	0,93**	0,83**

** significativo a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo;

Os coeficientes de correlação dos variáveis do extrato da pasta saturada e os demais métodos avaliados nesse estudo foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, com valores de correlação acima de 0,80 (Tabela 12).

4.5.1 Cápsula Porosa para extração de solução de um Nitossolo Háptico Distrófico típico

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre a CE estimada via extração com a cápsula porosa e a CE obtida pelo extrato da pasta de saturação (CE_{es}) nos horizontes A e Bt em um Nitossolo Háptico (Figura 37).

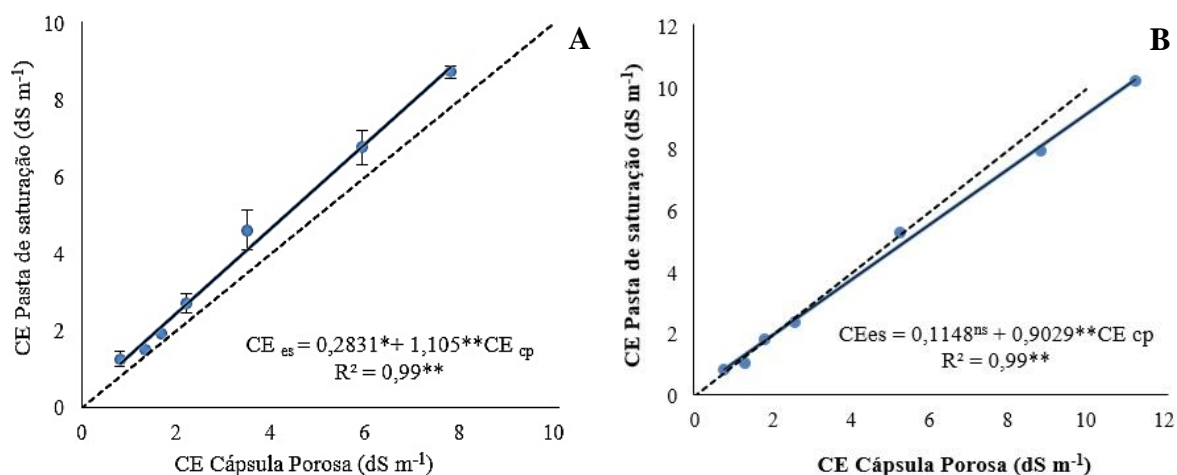


Figura 14. A) Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) e a CE obtida da cápsula extratora (CE_{cp}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Na equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A e Bt que os valores tiveram comportamento antagônicos. No horizonte superficial é observado uma redução de 38,81 % da CE da cápsula em relação ao método padrão. Enquanto que no horizonte subsuperficial diagnóstico, observa-se que a reta de dispersão encontra-se próxima à reta 1:1, ocorrendo uma mínima subestimação da CE_{es}, apresentaram satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 = 0,97$) Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão (Figura 37).

Silva et al. (2000) observaram que a condutividade elétrica na solução do solo obtidas via capsula porosa são uma alternativa viável para estimar os valores medidos no extrato saturado, uma vez que apresentam coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,7

Os dois horizontes possuem textura muito argilosa (Tabela 5) e mesma mineralogia (caulinita e expressiva quantidade de óxidos de ferro), um dos pontos que diferenciam é a concentração de carbono orgânico observada (9,10 e 7,10 g kg⁻¹ no horizonte A e Bt, respectivamente) (Tabela 3), evidenciando a importância da matéria orgânica na capacidade de alterar as propriedades química dos solos.

A matéria orgânica permite maior agregação e coesão entre as partículas, tornando o solo mais poroso e com maior retenção de água (KLEIN; KLEIN, 2015). Aliás, contribui de forma significativa para a retenção de água e consequente maior umidade.

Em solos com carga variável, a matéria orgânica é um componente importante por contribuir com cargas negativas, em quantidade superior as disponibilizadas pela caulinita e óxidos de ferro. O horizonte Bt, em questão, possui menor quantidade de matéria orgânica, em relação ao horizonte A. Dessa forma a CE encontrada pela cápsula porosa, foi maior que a

encontrada no horizonte superficial. Devido a menor influência da matéria orgânica na adsorção dos cátions, proporciona a maior quantidades de sais dissolvidos.

Oliveira et al. (2011) avaliaram a calibração de extratores providos de cápsula porosa para monitoramento da salinidade e da concentração de íons, e encontraram um coeficiente angular, com subestimação dos resultados. Para solos argilosos, valores estes que corroboram com os resultados encontrados neste trabalho

O uso de extratores providos de cápsula porosa na medição e monitoramento da condutividade elétrica da solução, tem sido bastante eficiente, devido a sua facilidade, praticidade e precisão em solos com textura argilosa (OLIVEIRA et al., 2011; SILVA JÚNIOR et al., 2016).

Quanto a relação do Ca^{+2} obtido pelo extrato da pasta ($\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$) e Ca^{+2} estimada via cápsula porosa, no horizonte A e Bt, apresentou-se altos coeficiente de determinação $R^2 > 0,85$. Entretanto, a linha de tendência encontra-se localizada abaixo da linha tracejada 1:1, o que demonstra uma subestimação dos valores de $\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$ em relação ao Ca^{+2} estimado via cápsula porosa. Fato este que pode ser comprovado mediante a análise das equações (Figura 38).

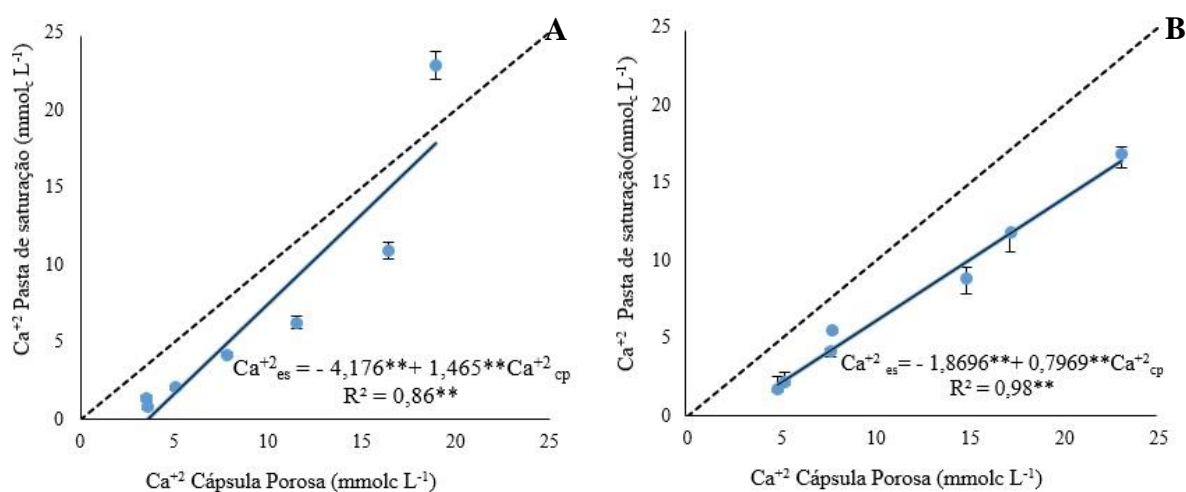


Figura 15. A) Relação entre o cálcio do extrato de saturação ($\text{Ca}^{+2}_{\text{es}}$) e a Ca^{+2} obtido da cápsula extratora ($\text{Ca}^{+2}_{\text{cp}}$) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Na extração da solução do solo via extrato da pasta saturada é adicionado um maior volume de água em relação a solução extraída via cápsula porosa (umidade na capacidade de campo) (FREIRE; PESSOAL; GHEYI, 2016). A subestimação do Ca^{+2} estimada via cápsula porosa, deve-se a precipitação do cálcio com outros sais, que em menor umidade não consegue se ionizar e ficar em solução. Segundo Holanda et al. (2016) o cálcio é o cátion mais sujeito a reação, precipitando na forma de carbonato e sulfato que são de baixa solubilidade.

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre a Mg^{2+} estimada via extração com a cápsula porosa e a CE obtida pelo extrato da pasta de saturação (CE_{es}) nos horizontes A e Bt em um Nitossolo Háplico (Figura 37).

Na equação da regressão entre as metodologias (extrato da pasta saturada e cápsula porosa) para a concentração de Mg^{2+} na solução do solo, observa-se no horizonte superficial diagnóstico uma subestimação do Mg^{2+}_{es} em relação ao Mg^{2+}_{cp} . valor esses que pode ser observado pela equação de regressão, quando os valores de Mg^{2+}_{cp} for igual a $1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, os valores de CE obtidos pelo método padrão (extrato da pasta) será igual a $0,9203 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Figura 39 A).

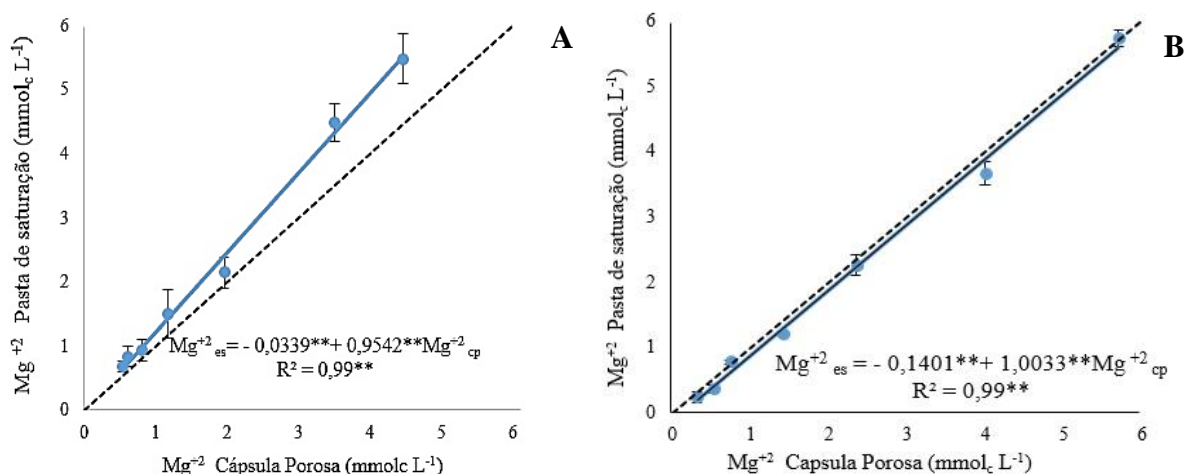


Figura 16. A) Relação entre o magnésio do extrato de saturação do solo (Mg^{2+}_{es}) e o Mg^{2+} obtido da cápsula extratora (Mg^{2+}_{cp}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Enquanto que no horizonte subsuperficial diagnóstico, observa-se que a reta de dispersão encontra-se próxima à reta 1:1, ocorrendo uma mínima subestimação da CE_{es} , apresentaram satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$) Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão (Figura 39B).

Para a concentração de Na^+ no horizonte superficial, observa-se que a reta de dispersão encontra-se próxima aos pontos em relação à reta 1:1, ocorrendo uma mínima subestimação da concentração de Na^+ , extraída via cápsula porosa embora apresentaram satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 = 0,97$) (Figura 40).

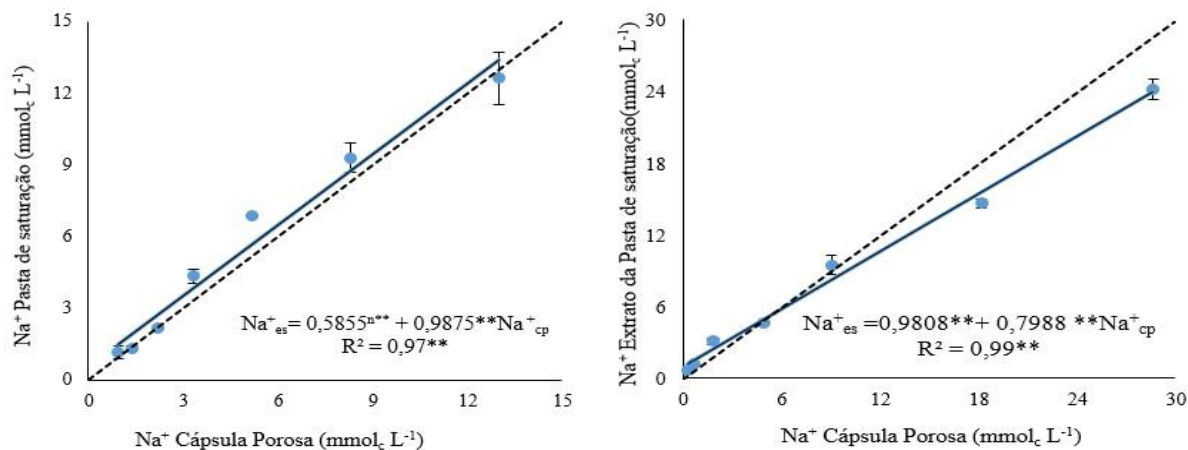


Figura 17. A) Relação entre o sódio do extrato de saturação do solo (Na^+_{es}) e a Na^+ obtido da cápsula extratora (Na^+_{cp}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Com relação ao Na^+_{cp} no horizonte subsuperficial diagnóstico, em menores concentrações de Na^+ ocorre uma subestimação dos valores de Na^+_{cp} . A medida que a concentração de Na^+ aumenta a concentração de Na^+_{cp} é superestimada em relação dos resultados. Fato este que pode ser observado, observa-se coeficiente angular (1,2427) acima do valor unitário, o que indica uma superestimação da composição química da solução do solo extraída pela cápsula porosa em relação ao método do extrato da pasta saturada. No entanto, os elevados coeficiente de determinação ($R^2 = 0,98$), mostram a possibilidade de se utilizar o método da cápsula porosa.

A equação de regressão entre potássio do extrato de saturação (K^+_{es}) e o estimado a partir da cápsula porosa nos dois horizontes, apresentaram altos ($R^2 = 0,97$ e $0,98$) coeficientes de determinação. (Figura 41).

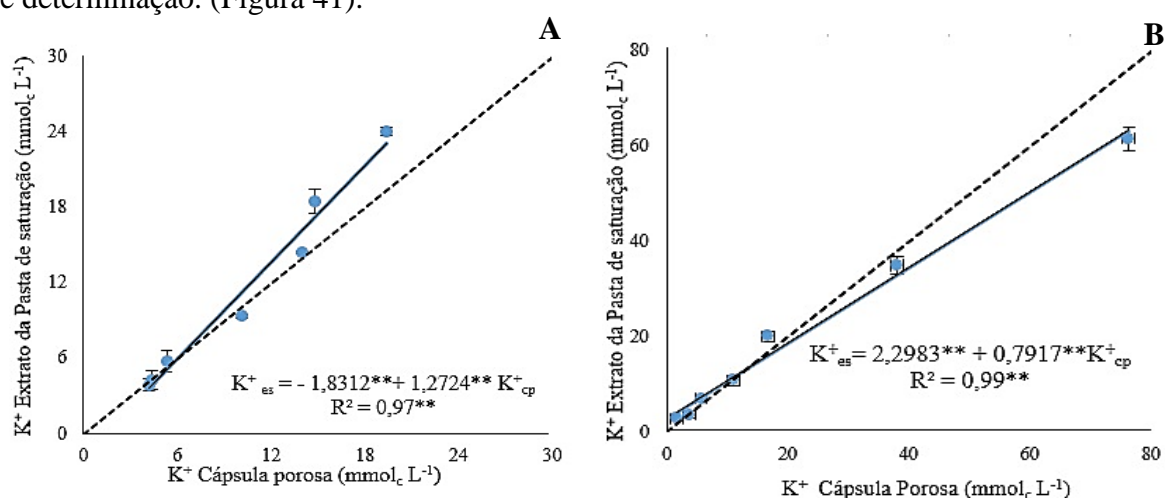


Figura 18. A) Relação entre o potássio do extrato de saturação do solo (K^+_{es}) e a K^+ obtido da cápsula extratora (K^+_{cp}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Os valores K^+_{es} foram subestimados no horizonte superficial, já que, a concentração de K^+ extraído via cápsula porosa superou a quantidade de potássio do extrato pasta de saturação. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão (Figura 39A).

No horizonte subsuperficial diagnóstico que os valores de K^+ obtidos via cápsula porosa quando comparados aos observados no extrato da pasta saturada (K^+_{cp}) foram subestimados sob submetidos a concentrações menores de K^+ e quando superestimados submetidos a maiores concentrações de K^+ . Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de K^+_{cp} for igual a $20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, os valores de K^+ obtidos pelo método padrão será igual a $18,1323 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Figura 39B), o que pode ser explicado levando em considerações a série liotrópica. O K^+ ocupa o antepenúltimo lugar quanto à seletividade de adsorção, em condições de igualdade de concentração. É adsorvido na sobra de cargas após o preenchimento por $H^+ \gg \gg Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+}$, resultando assim no elemento mais disponível na solução do solo, principalmente em solos com menor CTC (RAIJ et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2011).

A textura do solo, quando argilosa, contribui positivamente para aderência da cápsula ao solo, já que, aumenta consideravelmente o contato hidráulico e possibilita a migração da água do solo para dentro da cápsula, facilitando a aplicação do vácuo (DIAS et al., 2011).

A relação entre a Cl^-_{es} e Cl^-_{cp} apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e C (Figura 42).

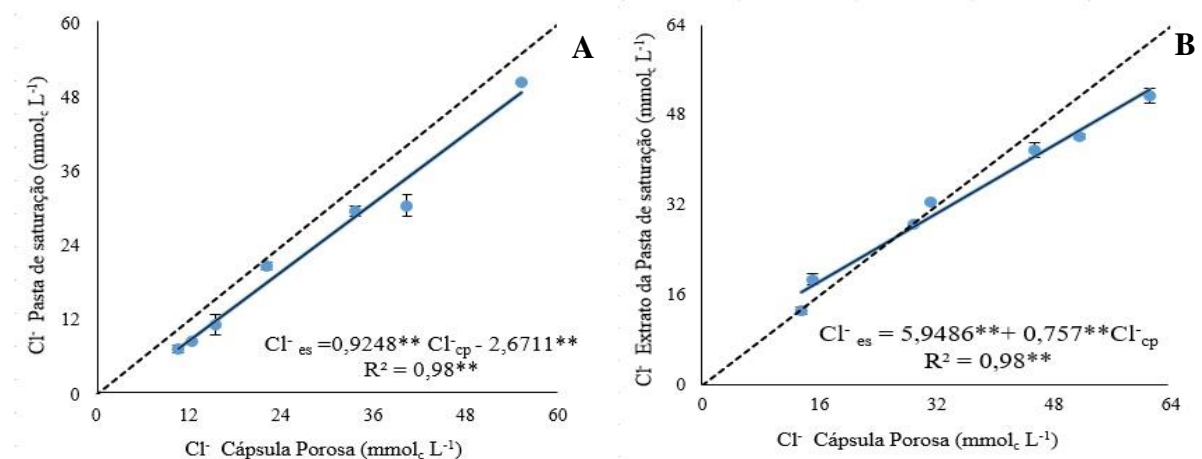


Figura 19. A) Relação entre o cloreto do extrato de saturação do solo (Cl^-_{es}) e a Cl^- obtido da cápsula extratora (Cl^-_{cp}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Analisando o comportamento entre Cl^-_{es} e o Cl^-_{cp} , no horizonte A, observa-se uma subestimação da concentração de Cl^-_{cp} , e no horizonte subsuperficial diagnóstico em concentrações menores é observado uma superestimação dos resultados do Cl^-_{cp} e à medida que

aumenta a concentração de Cl^- e uma superestimação do Cl^-_{cp} , relação esta que pode ser observado pela equação de regressão.

Na assembléia mineralógica da fração argila do Nitossolo Háptico, encontra-se caulinita e uma expressiva quantidade de óxidos de ferro (Goethita e Hematita) (Tabela 6). Diante desse resultado, há um predomínio de cargas positivas na superfície desses minerais. A argila quando enriquecida com óxidos, apresenta um baixo potencial de retenção de cátions. Dessa forma, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , entre outros, são facilmente perdidos em tais solos (COSTA; BIGHAM 2009). A presença de matéria orgânica ($\text{CO} = 9,10 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 3), contribuiu para a redução do PCZ, gerando mais cargas negativas, seja pela baixa densidade de cargas da caulinita, seja pelo revestimento desses compostos orgânicos na superfície dos óxidos, conseqüentemente, contribuindo para a adsorção do cátions (ALLEONI; MELLO; ROCHA, 2009).

Para os método da cápsula porosa é observado que os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram valores satisfatórios ($R^2 < 0,90$), para o horizonte superficial e subsuperficial diagnóstico com textura muita argilosa, sendo possível estimar os parâmetros condutividade elétrica, Ca^{2+} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ e Cl^- . Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear apresentaram significância.

4.5.2 Centrifugação para extração de solução de um Nitossolo Háptico Distrófico típico

O uso do método da centrifugação para extração da solução do solo tem sido utilizado de maneira eficiente para monitorar a CE (MIRANDA et al., 2006), assim como, para calcular a força iônica a partir da determinação da CE (NOLLA et al., 2015; SPERA et al., 2014 a).

A relação entre a CE_{es} e CE_{cen} apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e Bt (Figura 43).

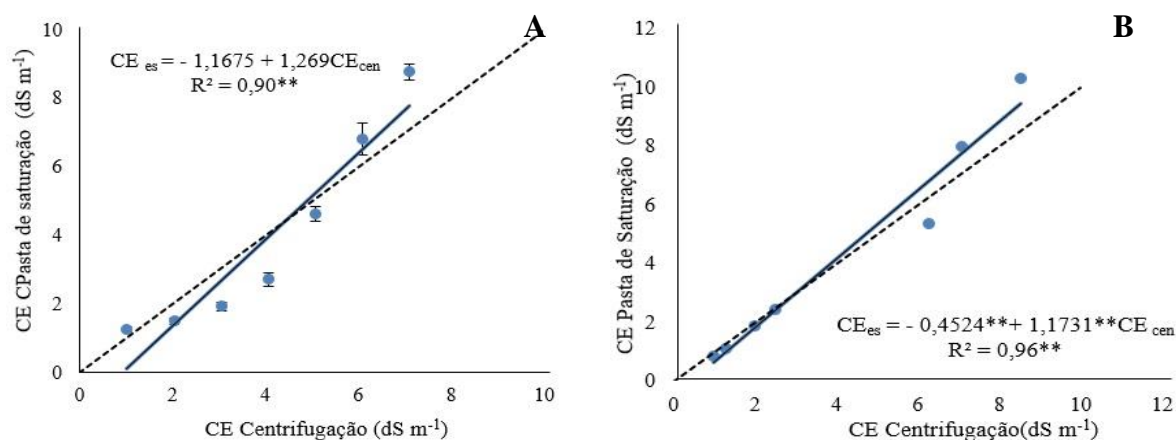


Figura 20. A) Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) e a CE obtida da centrifugação (CE_{cen}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

A regressão linear entre a CE_{es} e a CE estimada pela centrifugação, apresentou um elevado coeficiente de determinação $R^2 = 0,98$. Analisando o comportamento entre CE_{es} e a CE_{cen} , a CE estimada pela centrifugação foi superestimada, nas menores concentrações de CE, e subestimada em maiores CE, indicando, possivelmente, uma menor solubilização dos sais pelo método da centrifugação, tendo em vista que umidade no método é menor em relação à umidade do solo no extrato da pasta saturada.

A relação entre a Ca^{2+}_{es} e Ca^{2+}_{cen} apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e o subsuperficial diagnóstico O comportamento do Ca^{2+} na solução extraída via centrifugação apresentaram altos coeficientes de determinação (Figuras 44)

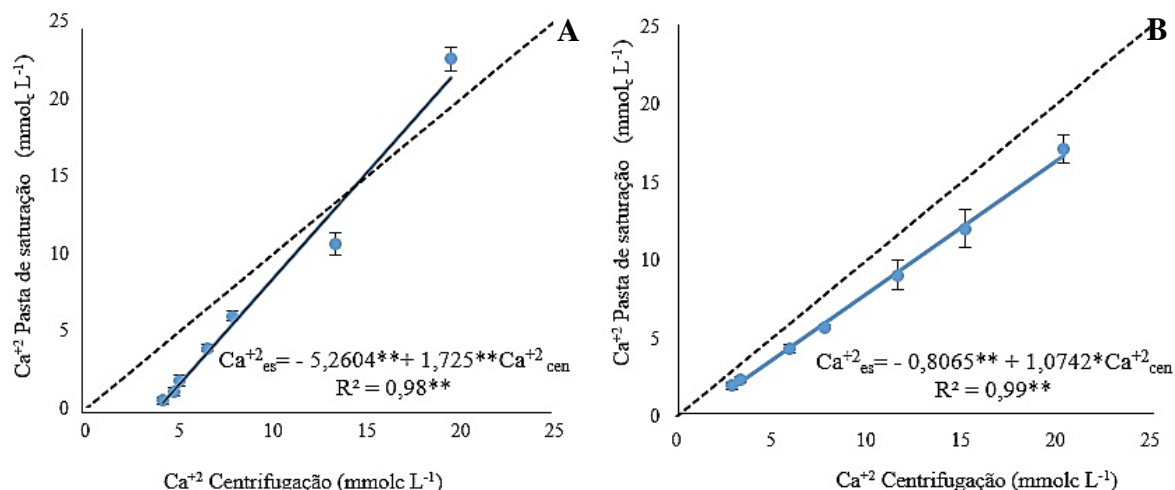


Figura 21. A) Relação entre a cálcio extraída do extrato de saturação ($\text{Ca}^{2+}_{\text{es}}$) e a Ca^{2+} obtida da centrifugação ($\text{Ca}^{2+}_{\text{cen}}$) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Analisando o comportamento do Ca^{2+} extraído via centrifugação, nos horizontes A, verificou-se uma superestimação dos resultados, nas menores concentrações. Em concentrações maiores concentração Ca^{2+} é observado uma subestimação Ca^{2+} extraído via cápsula porosa. Dado esse, que pode ser observados pela equação de regressão (Figura 44A). No horizonte superficial diagnóstico é observado uma superestimação dos resultados do Ca^{2+} extraído via centrifugação em relação ao $\text{Ca}^{2+}_{\text{es}}$. Dado esse que pode ser observados pela equação de regressão (Figura 44B).

Por se tratar de um solo (Nitossolo Háptico) como mineralogia predominantemente oxídica, o aporte de matéria orgânica é responsável pelas cargas negativas. Nesses solos as cargas são dependentes de pH, e sob essas condições espera-se um valor mais alto de PCZ, o que limitará a adsorção do cátions (ALLEONI; MELLO; ROCHA, 2009).

Na série liotrópica o Ca^{2+} ocupa o terceiro lugar quanto à seletividade de adsorção, só ficando atrás do H^+ e Al^{+3} , por se tratar de um cátion bivalente, e com pequeno raio hidratado, o que em si é um fator favorável a sua maior adsorção na superfície dos coloides e consequentemente menor quantidade na solução solo (ALLEONI; MELLO; ROCHA, 2009 (FERREIRA; SILVA; RUIZ, 2016).

A relação entre a $\text{Mg}^{2+}_{\text{es}}$ e $\text{Mg}^{2+}_{\text{cen}}$ apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e o subsuperficial diagnóstico O comportamento do Mg^{2+} na solução extraída via centrifugação apresentaram altos coeficientes de determinação $R^2 > 0,98$ (Figuras 45)

A

B

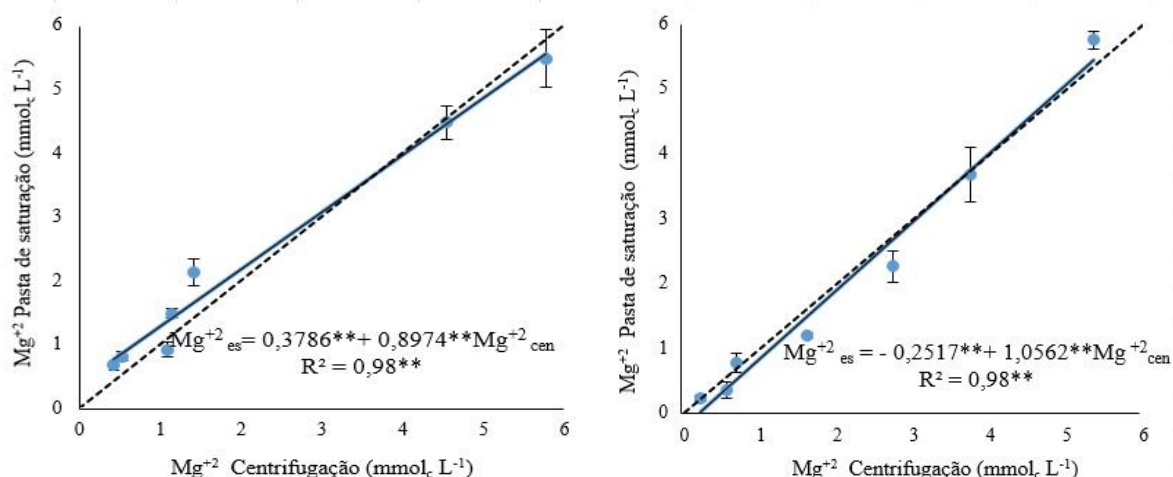


Figura 22. A) Relação entre o magnésio extraída do extrato de saturação (Mg^{2+}_{es}) e a Mg^{2+} obtida da centrifugação (Mg^{2+}_{cen}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Analisando o comportamento do Mg^{2+} extraído via centrifugação, nos horizontes A e Bt, verificou-se os valores dos extratos de pasta estão altamente correlacionados com os valores obtidos para determinação do Mg^{2+} estimado via centrifugação em Nitossolo Háplico como mineralogia com expressiva quantidade de óxidos de ferro (Goethita e Hematita) Na equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A e Bt. Que os valores de Mg^{2+} obtidos via centrifugação subestimados no horizonte superficial e subestimados no horizonte subsuperficial diagnostico. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de Mg^{2+}_{cen} for igual a 1, os valores de Mg^{2+} obtidos pelo método padrão serão iguais a 1,276 e 0,8043 $mmol_c L^{-1}$ (Figura 45).

Pode-se constatar que equações lineares possibilitam estimar K^+_{es} e K^+_{cen} . Para ambos os materiais de solo, as equações que apresentaram maior ajuste foram do tipo linear, apresentando satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 > 0,90$) para o horizonte superficial e um coeficiente de determinação com valor intermediário para o horizontes diagnostico subsuperficial (Figuras 46).

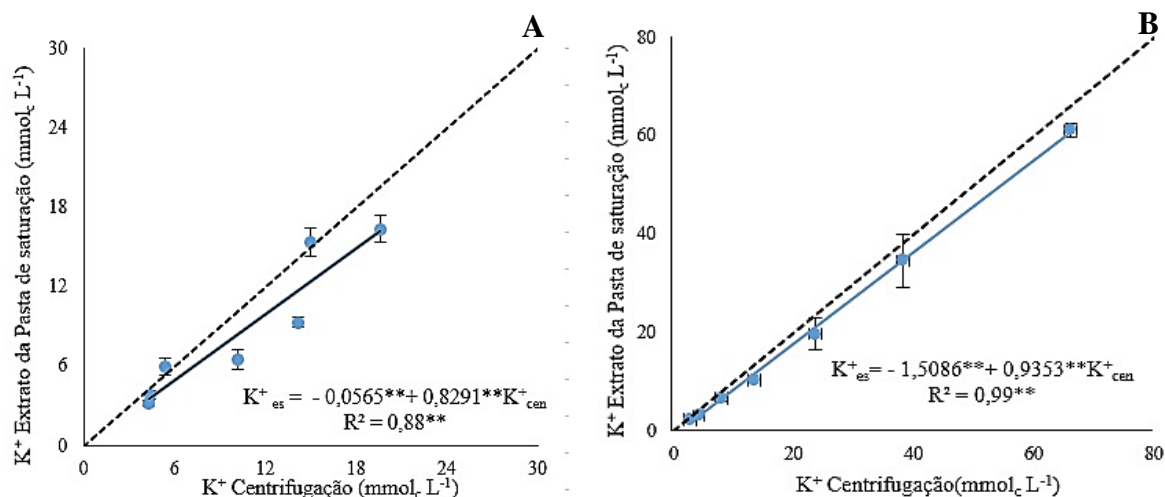


Figura 23. Relação entre o potássio extraído do extrato de saturação (K^+_{es}) e a K^+ obtida da centrifugação (K^+_{cen}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Nos horizontes A e Bt, o K^+ extraído via centrifugação, foram subestimados em relação ao método padrão. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de K^+_{cen} for igual a 1, os valores de CE obtidos pelo método padrão serão iguais a $0,7726 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e no horizonte Bt apresentará um valor negativo (Figura 46).

Na determinação do sódio do extrato de saturação medida e a estimada a partir da centrifugação, teve seus valores reduzidos, em relação ao extrato da pasta, já que a linha de tendência encontra-se abaixo da reta 1:1 (Figura 46 A e B). Dessa forma, a concentração de matéria orgânica encontrada não foi suficiente para influenciar na adsorção de sódio, indicando possivelmente uma menor solubilização do sódio na solução do solo.

A relação entre a Na^+_{es} e Na^+_{cen} apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e o subsuperficial diagnóstico (Figuras 47)

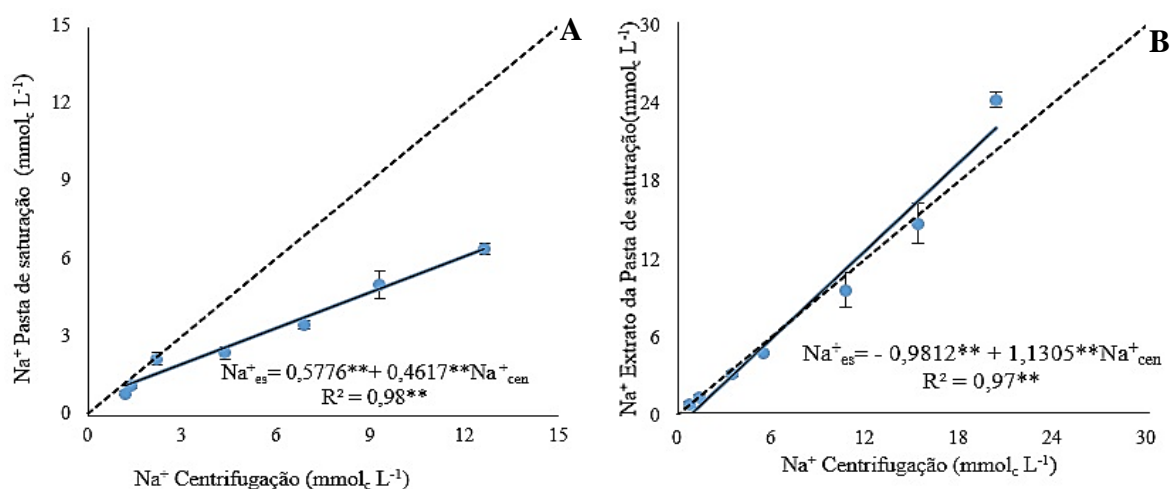


Figura 24. A) Relação entre o sódio extraído do extrato de saturação (Na^+_{es}) e a Na^+ obtida da centrifugação (Na^+_{cen}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

A partir da, equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A, que os valores de Na^+ obtidos via centrifugação foram subestimados horizonte superficial. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de $\text{Na}^{+2+}_{\text{cen}}$ for igual a 1, os valores de Na^+ obtidos pelo método padrão serão iguais a $1,0393 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, com elevados coeficiente de determinação ($R^2 > 0,98$) (Figura 45). No horizonte diagnostico subsuperficial, observa-se que a reta de dispersão encontra-se próxima à reta 1:1, ocorrendo uma mínima supestimação da Na^+_{es} , apresentaram satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 = 0,97$) Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão (Figura 47).

A relação entre a Cl^-_{es} e Cl^-_{cen} apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e o subsuperficial diagnóstico (Figuras 48).

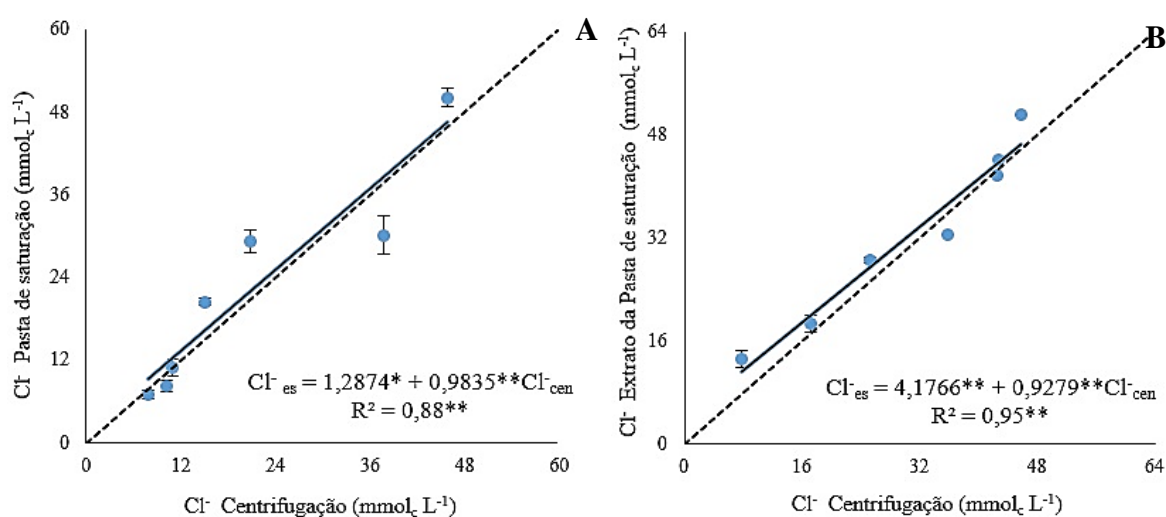


Figura 25. A) Relação entre o cloreto extraída do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e a Cl^- obtida da centrifugação (Cl^-_{cen}) do horizonte A do Nitossolo. E B) do horizonte Bt do Nitossolo

Para os teores de Cl^- , observa-se que a reta de dispersão encontra-se próxima à reta 1:1, ocorrendo uma mínima subestimação da Cl^-_{es} , apresentaram satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 = 0,97$), no horizonte superficial diagnostico e um valor de coeficiente de determinação intermediário. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão (Figura 48).

O íon cloreto é o principal ânion que contrabalança os cátions nas soluções centrifugadas (PEREZ; CAMPOS, 2003). Pelo resultado da equação de regressão o cloreto pode ser estimado via centrifugação no Nitossolo Háplico.

Perez e Campos (2003) ao avaliar a influência da velocidade e tempo de extração pelo método da centrifugação na concentração de cloretos em Latossolos, com minerais de caulinita, gibbsita e vermiculita com hidróxido na entrecamada, em horizontes superficiais, constataram

que, a velocidade de 2260 g, por 60 minutos a mesma utilizada nesse experimento seria suficiente para extrair o cloreto da solução do solo.

Para os métodos da centrifugação é observado que os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram valores satisfatórios ($R^2 < 0,90$), para o horizonte superficial e subsuperficial diagnóstico com textura muito argilosa, sendo possível estimar os parâmetros condutividade elétrica, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e Cl^- . Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear apresentaram significância.

4.5.3 Relação Solo: Água para extração de solução de um Nitossolo Háplico Distrófico típico

Quanto às relações solo: água é observado que para a CE à medida que a relação aumenta, os valores dos coeficientes angulares ($a = 0,2141; 0,112; 0,0554$ para relações solo: água 1:2; 1:5; 1:10, respectivamente) diminuem (Tabela 14).

Tabela 14. Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Bt, de um Nitossolo Háplico Ortico típico

Nitossolo Háplico Ortico típico				
Variáveis	Relação Solo:água 1:2 (Hz A)		Relação Solo:água 1:2 (Hz Bt)	
	Equação de Regressão	R^2	Equação de Regressão	R^2
CE dS m ⁻¹	$CE_{es} = 0,1902 + 0,2141 CE_{1:2}$	0,99**	$CE_{es} = 0,2459 + 0,2565 CE_{1:2}$	0,99**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	$Ca^{2+}_{es} = -0,4655 + 0,1739 Ca^{2+}_{1:2}$	0,96**	$Ca^{2+}_{es} = -0,437 + 0,243 Ca^{2+}_{1:2}$	0,98**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	$Mg^{2+}_{es} = 0,139 + 0,2559 Mg^{2+}_{1:2}$	0,92**	$Mg^{2+}_{es} = -0,1663 + 0,2391 Mg^{2+}_{1:2}$	0,99**
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	$Na^+_{es} = -0,0747 + 0,2228 Na^+_{1:2}$	0,96**	$Na^+_{es} = -0,3949 + 0,2936 Na^+_{1:2}$	0,99**
K ⁺ mmolc L ⁻¹	$K^+_{es} = 0,1887 + 0,2798 K^+_{1:2}$	0,96**	$K^+_{es} = -0,4852 + 0,2962 K^+_{1:2}$	0,99**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	$Cl^-_{es} = 0,1851 + 0,626 Cl^-_{1:2}$	0,99**	$Cl^-_{es} = 0,0633 + 0,3446 Cl^-_{1:2}$	0,98**
Relação Solo:água 1:5 (Hz A)		Relação Solo:água 1:5 (Hz Bt)		
CE dS m ⁻¹	$CE_{es} = 0,0884 + 0,112 CE_{1:5}$	0,99**	$CE_{es} = 0,0847 + 0,1651 CE_{1:5}$	0,98**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	$Ca^{2+}_{es} = 0,9524 + 0,0491 Ca^{2+}_{1:5}$	0,79**	$Ca^{2+}_{es} = 0,0419 + 0,1116 Ca^{2+}_{1:5}$	0,98**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	$Mg^{2+}_{es} = 0,0355 + 0,1558 Mg^{2+}_{1:5}$	0,91**	$Mg^{2+}_{es} = 0,0002 + 0,0829 Mg^{2+}_{1:5}$	0,99**
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	$Na^+_{es} = -0,1949 + 0,2121 Na^+_{1:5}$	0,92**	$Na^+_{es} = 0,1334 + 0,0992 Na^+_{1:5}$	0,97**
K ⁺ mmolc L ⁻¹	$K^+_{es} = +0,883 + 0,1572 K^+_{1:5}$	0,94**	$K^+_{es} = 0,6859 + 0,0881 K^+_{1:5}$	0,91**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	$Cl^-_{es} = -1,1804 + 0,2313 Cl^-_{1:5}$	0,95**	$Cl^-_{es} = -0,4009 + 0,2556 Cl^-_{1:5}$	0,95**
Relação Solo:água 1:10 (Hz A)		Relação Solo:água 1:10 (Hz Bt)		
CE dS m ⁻¹	$CE_{es} = 0,0376 + 0,0554 CE_{1:10}$	0,95**	$CE_{es} = -0,0382 + 0,0935 CE_{1:10}$	0,98**

Ca²⁺ mmolc L⁻¹	$Ca^{2+}_{es} = -0,3916 + 0,0348 Ca^{2+}_{1:10}$	0,87**	$Ca^{2+}_{es} = -0,028 + 0,0532 Ca^{2+}_{1:10}$	0,96**
Mg²⁺ mmolc L⁻¹	$Mg^{2+}_{es} = 0,055 + 0,108 CE_{1:10}$	0,93**	$Mg^{2+}_{es} = 0,0678 + 0,0118 CE_{1:10}$	0,66**
Na⁺ mmolc L⁻¹	$Na^{+}_{es} = -0,1836 + 0,1347 Na^{+}_{1:10}$	0,97**	$Na^{+}_{es} = 0,0983 + 0,0749 Na^{+}_{1:10}$	0,82**
K⁺ mmolc L⁻¹	$K^{+}_{es} = 0,3519 + 0,166 K^{+}_{1:10}$	0,98**	$K^{+}_{es} = -0,6859 + 0,0881 K^{+}_{1:10}$	0,91**
Cl⁻ mmolc L⁻¹	$Cl^{-}_{es} = 0,5658 + 0,1182 Cl^{-}_{1:10}$	0,96**	$Cl^{-}_{es} = 0,0972 + 0,1383 Cl^{-}_{1:10}$	0,87**

O Ca²⁺ nas relações solo: água, assim como na cápsula porosa, apresentaram menores coeficientes de determinação (0,79; 0,87) nas relações solo: água 1:5 e 1:10, quando comparadas a relação 1:2 (0,96). Assim como, para os valores de Na⁺ que apresentaram menores (0,92) coeficientes de determinação diluição em 1:5 relação a proporção solo água 1:2 (0,96) (Tabela 12)

Quanto maior a proporção de água, mais diluída será a solução do solo e menor será a correlação com a real do campo (Tabela 12). Sendo assim, os valores de cálcio e Na⁺ podem ser estimados, com maior segurança utilizando a relação solo: água 1:2 em Nitossolo Háplico.

Os resultados mostraram que os valores dos extratos de pasta estão altamente correlacionados com os valores obtidos em diferentes proporções de solo: água. Dessa forma as equações podem ser utilizadas com boa precisão para determinar CE, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ e Cl⁻. No entanto, devido aos menores ajustes da reta (0,96; 0,66; 0,82; 0,91; 0,87), a relação com maior proporção de água (1:10), estará mais sujeita a erros, já que, reações químicas como, peptização, hidrólise, troca de cátions e dissolução mineral podem ocorrer com maior probabilidade de erros, distanciando aos resultados do método padrão (extrato da pasta saturada) (RHOADES, 1982).

Nos coeficientes de regressão das equações ajustadas no Nitossolo Háplico, verificam-se altos coeficientes de determinação (R² = 0,92; 0,91; 0,93) para determinar Mg²⁺ e assim como, K⁺ (R² = 0,96; 0,94; 0,97) (Tabela 5). O magnésio e o potássio, encontra-se mais dissolvido que o cálcio, devido a menor afinidade com os colóides do solo (LARCHER, 2000).

As determinações de cloreto obtida pela pelas relações solo: água (1:2; 1:5 e 1:10) apresentaram altos coeficientes de regressão (0,96; 0,99; 0,96) (Tabela 12). Dessa forma, os valores de cloreto podem ser estimados, utilizando a relação solo: água no Nitossolo Háplico.

O cloreto elevado é frequentemente associado a uma concentração elevada de sódio. O Cl⁻ não é absorvido facilmente pelas partículas de solo ficando em solução (FREIRE; PESSOAL; GHEYI, 2016).

Os dois horizontes possuem textura muito argilosa e mesma mineralogia (caulinita com expressiva quantidade de óxidos de ferro), se diferenciando em relação à concentração de

carbono orgânico (9,10 e 7,10 g Kg⁻¹ no horizonte A e Bt, respectivamente). Dessa forma, evidenciando a importância da matéria orgânica na capacidade de alterar as propriedades químicas dos solos.

4.6 EXPERIMENTO 5: Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico

Observou-se correlações significativas dos horizontes A e Bw, do LA para os variáveis avaliados (condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), cloreto (Cl^-), potássio (K^+) e sódio (Na^+)) quando comparou-se o método da pasta de saturação com os outros métodos estudados (Tabela 15).

Tabela 15. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre o método extrato da pasta de saturação (método padrão) e métodos: cápsula porosa (CP), centrifugação, relações solo: água 1:2; 1:5 e 1:10 na determinação dos cátions, ânions, CE e pH extraídos da solução do solo de um Latossolo Amarelo Distrocoeso (LA)

Latossolo amarelo Distrocoeso (LA)					
Variável	Profundidade 0-40 cm				
Extrato da pasta	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,96**	0,90**	0,97**	0,91**	0,91**
Ca^{2+}	0,90**	0,89**	0,85**	0,91**	0,91**
Mg^{2+}	0,95**	0,97**	0,91**	0,93**	0,95**
Na^+	0,97**	0,97**	0,98**	0,91**	0,91**
K^+	0,97**	0,97**	0,95**	0,90**	0,94**
Cl^-	0,96**	0,93**	0,95**	0,90**	0,94**
Variável	Profundidade + 185 cm				
Extrato da pasta	CP	Centrifugação	1:2	1:5	1:10
CE	0,98**	0,96**	0,96**	0,99**	0,99**
Ca^{2+}	0,96**	0,94**	0,86**	0,94**	0,96**
Mg^{2+}	0,92**	0,93**	0,88**	0,93**	0,90**
Na^+	0,94**	0,98**	0,83**	-0,73 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
K^+	0,97**	0,98**	0,98**	0,95**	0,98**
Cl	0,99**	0,98**	0,98**	0,99**	0,96**

** significativo a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo

Os coeficientes de correlação das variáveis do extrato da pasta saturada e dos demais métodos avaliados foram significativos ao nível de 0,01 de probabilidade, com valores de correlação acima de 0,80 (Tabela 15). Exceto para o cátion Na^+ que apresentaram correlação não significativa, entre o método extrato da pasta de saturação e os obtidos por meio das extrações via relação solo água 1:5 e 1:10, na profundidade + 185 cm do LA (Tabela 15).

4.6.1 Cápsula Porosa para extração de solução do Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (LA).

Nos horizontes A e Bw do LA, observou-se equações de regressões lineares significativamente positivas ($P < 0,01$) entre a CE_{es} e a CE obtida através da cápsula porosa (Figura 49).

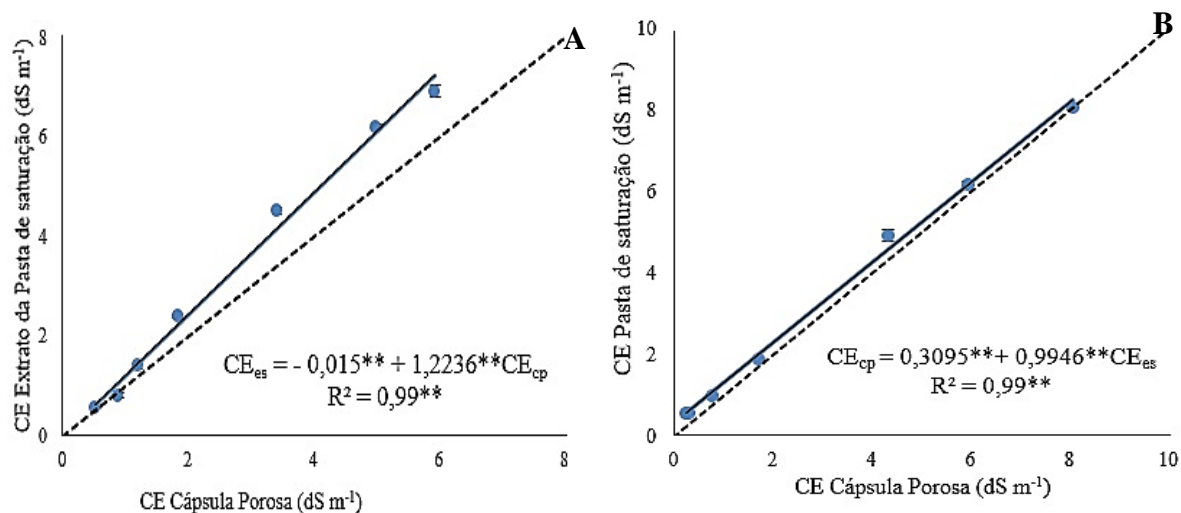


Figura 26. A) Relação entre a condutividade elétrica extraída do extrato de saturação do solo (CE_{es}) e o CE obtida via cápsula porosa (CE_{cp}), Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Para CE obtida via cápsula porosa, nos horizontes A e Bw, verificou-se que os valores foram subestimados. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de CE_{cp} for igual a 1, os valores de CE obtidos pelo método padrão serão iguais a 1,2086 e 1,3041 $mmol_c L^{-1}$. Com elevados coeficientes de determinação ($R^2 > 0,98$) (Figura 49).

Quanto aos teores de Ca^{2+} presente no horizonte A e Bw do LA, observou-se equações lineares significativamente positiva ($p < 0,01$) entre o Ca^{2+} do extrato de saturação (Ca^{2+}_{es}) e o Ca^{2+} obtido via cápsula porosa (Figura 50).

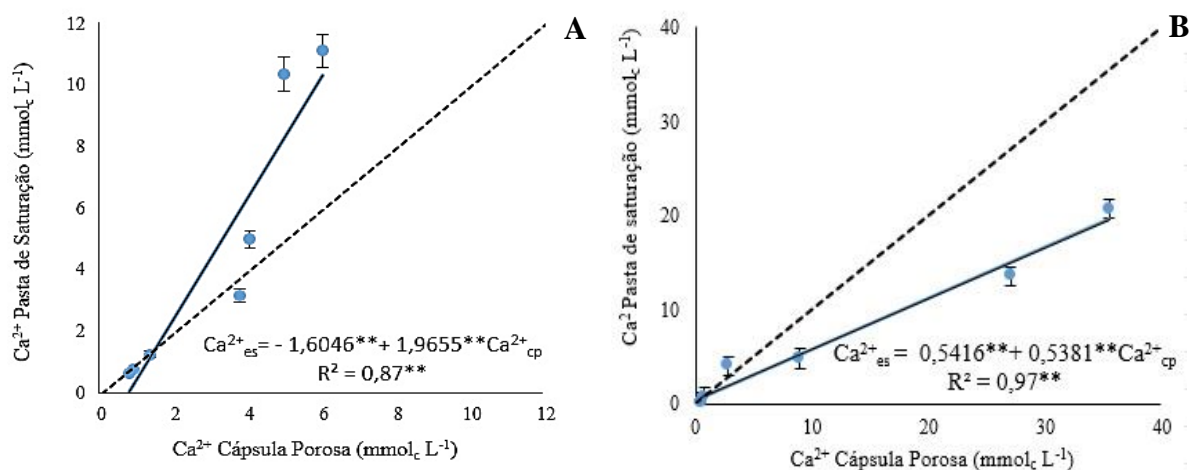


Figura 50. A) Relação entre o cálcio extraída do extrato de saturação (Ca^{2+}_{es}) e o Ca^{2+} obtido via cápsula porosa (Ca^{2+}_{cp}), Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Na equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A e Bw. Que os valores de Ca^{2+} obtidos via cápsula porosa foram subestimados no horizonte superficial e subestimados no horizonte subsuperficial diagnóstico. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando os valores de Ca^{2+}_{cp} for igual a 1, os valores de Ca^{2+} obtidos pelo método padrão serão iguais a 0,3609 e 1,0797 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Apresentaram coeficientes de determinação $> 0,99$ (Figura 50).

As cápsulas porosas por serem feitas de cerâmica ou porcelana, podem apresentar a liberação de íons da própria cápsula, causando alterações químicas das soluções extraídas (Silva et al., 2004). Sendo assim, em decorrência da liberação de íons de Ca^{2+} da própria cápsula provavelmente superestimou os resultados.

Observou-se teores de Mg^{2+} e observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre o Mg^{2+} do extrato de saturação (Mg^{2+}_{es}) e o Mg^{2+} obtido via cápsula porosa nos dois horizontes do LA (Figura 51).

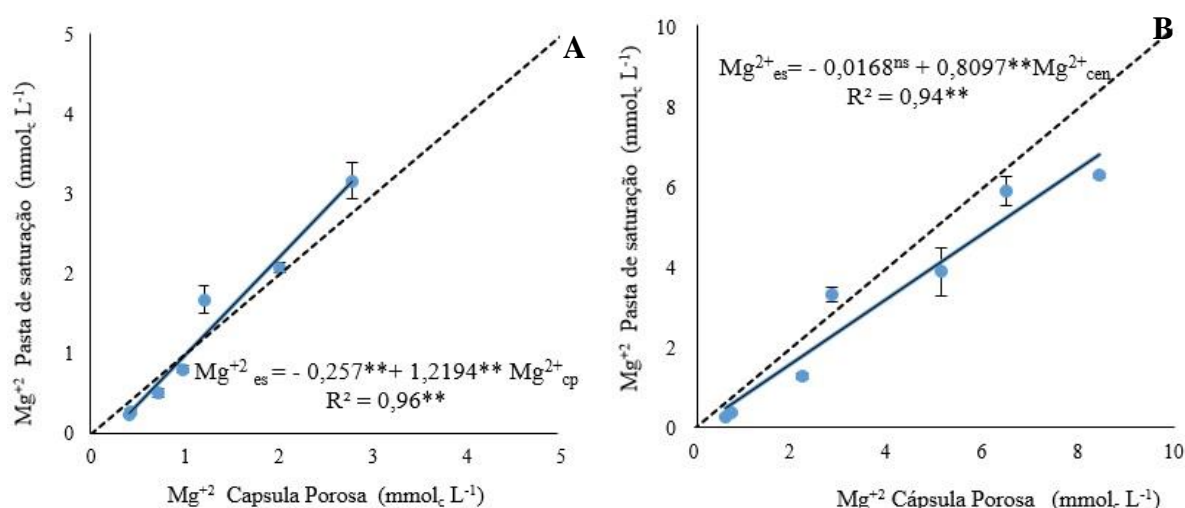


Figura 51. A) Relação entre o magnésio extraída do extrato de saturação do solo (Mg^{2+}_{es}) e o Mg^{2+} obtido via cápsula porosa (Mg^{2+}_{cp}), Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Os valores de Mg^{2+} obtidos via cápsula porosa no horizonte A, como apresentado na equação de regressão foram superestimados em concentrações menores de magnésio. Esta informação pode ser comprovada mediante da equação de regressão, quando os valores de Mg^{2+}_{cp} for igual a 1 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, os valores de Mg^{2+}_{es} será 0,9624 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Um aumento de 3,76 % quando comparado ao método padrão. A medida que a concentração de Mg^{2+} aumenta, os valores de Mg^{2+}_{cp} é subestimado. Dado este é observado através da equação de regressão, quando os valores de Mg^{2+}_{cp} for igual a 1,5 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, os valores de Mg^{2+}_{es} será 1,5721 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Comportamento antagonônico é observado no horizonte subsuperficial diagnóstico,

observa-se superestimação dos valores de Mg^{2+}_{cp} . Para ambos os horizontes, os coeficientes de determinação apresentaram satisfatórios valores ($R^2 > 0,99$) (Figura 51).

Analisando o comportamento do K^+ , a relação entre o elemento extraído via método padrão e extraído via cápsula porosa extratora, apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$), apresentando satisfatório coeficiente de determinação ($R^2 > 0,96$) para ambos horizontes (Figura 52).

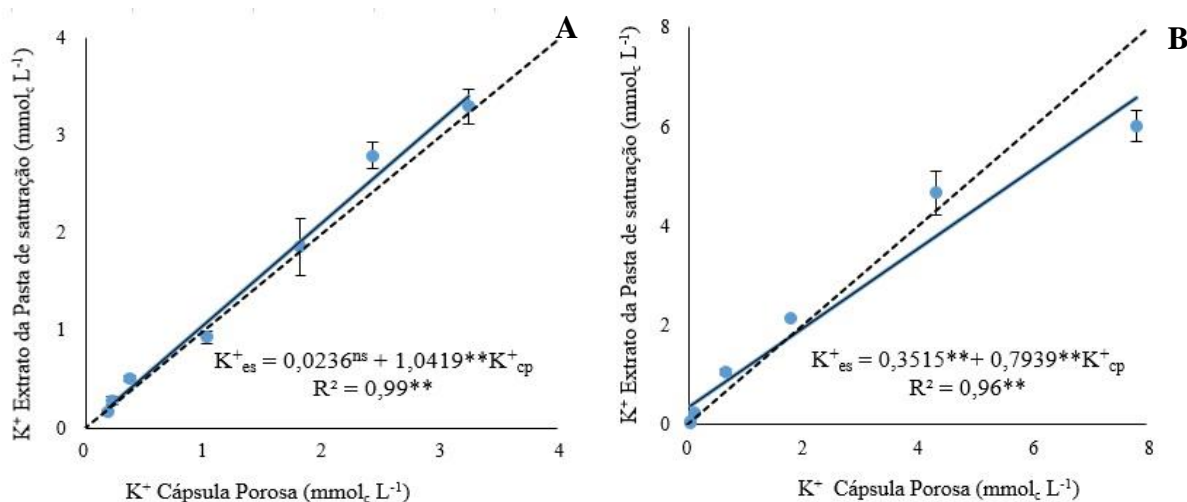


Figura 52. A) Relação entre o potássio extraída do extrato de saturação do solo (K^+_{es}) e o K^+ obtido via cápsula porosa (K^+_{cp}), Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

No horizonte superficial os teores de K^+ apresentaram pontos próximos a linha tracejada 1:1, ocorrendo uma mínima subestimação da K^+_{es} . Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão (Figura 52 A). No horizonte Bw observou-se que a reta de dispersão encontra-se próxima à reta 1:1, ocorrendo uma mínima superestimação da K^+_{es} . Dado esse, pode ser observado através da equação de regressão (Figura 52B). Quando se comparou o K^+ obtido pelo extrato de saturação, com o estimado pela solução extraída da cápsula porosa, nos dois horizontes, os coeficientes de determinação foram 0,99 e 0,96, para o horizonte A e Bw respectivamente. Indicando elevada viabilidade de obtenção deste elemento na solução do solo através da cápsula.

A superestimação no horizonte A na concentração de K^+_{cp} , é devido, a textura arenosa que o horizonte apresenta e a presença de argila do grupo das caulinitas observada nesse perfil. De acordo com Vieira et al. (2016) os solos mais desenvolvidos, especialmente aqueles com baixa CTC e mais arenosos, apresentaram os teores de K maior na solução do solo em relação as outras formas não trocável e trocável. Este fato é possível porque a caulinita, que predomina

na fração argila desses solos apresenta baixa capacidade de adsorção de K, fazendo com que a maior parte do K permaneça na solução do solo (CHAVES; KINJO, 1987).

O sódio do extrato da pasta correlacionou-se positiva e significativamente com o Na⁺ obtido via cápsula porosa. A relação entre a Na⁺_{es} e Na⁺_{cp} apresentou efeito linear positivo ($p < 0,01$) para os horizontes A e o subsuperficial diagnóstico (Figuras 52).

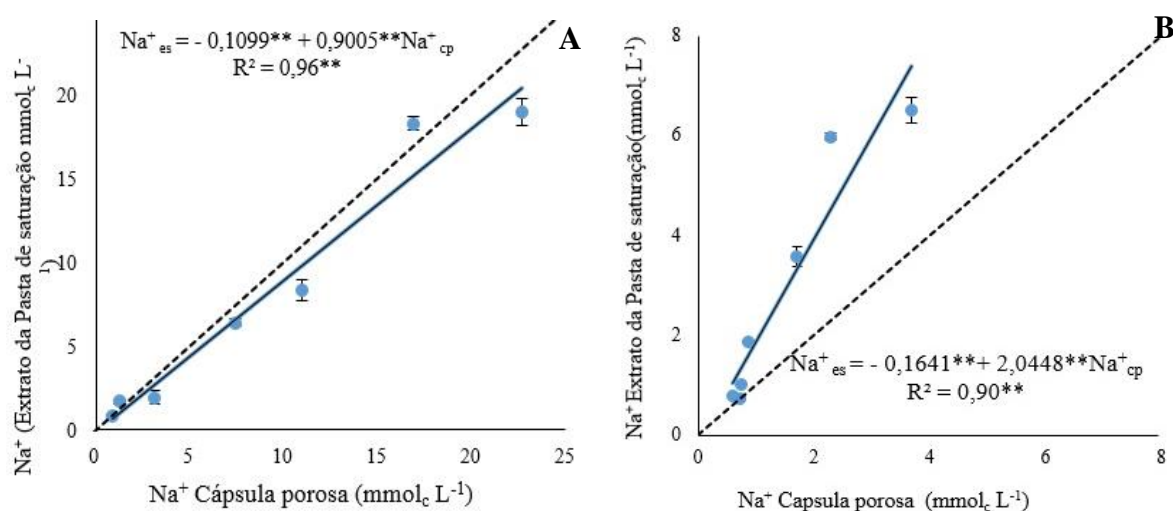


Figura 53. A) Relação entre o potássio extraída do extrato de saturação (Na⁺_{es}) e o Na⁺ obtido via cápsula porosa (Na⁺_{cp}), Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

No horizonte superficial, observou-se que as médias de Na⁺ extraídas via cápsula porosa, apresentaram-se mais próximas da linha 1:1, havendo uma mínima superestimação dos resultados de Na⁺ extraídos via cápsula porosa, no entanto, a extração do elemento via cápsula porosa, apresentou valores de Na⁺ próximos do método padrão (extrato da pasta). Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão. No horizonte subsuperficial diagnóstico o comportamento é contrastante (valor subestimado) ao observado no horizonte superficial e observa-se que a reta de dispersão encontra-se distante à reta 1:1 (Figura 53).

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p > 0,01$) entre o Cl⁻_{es} e o Cl⁻ via cápsula porosa, com altos coeficientes de determinação ($R^2 > 0,99$, para os dois horizontes) (Figura 54).

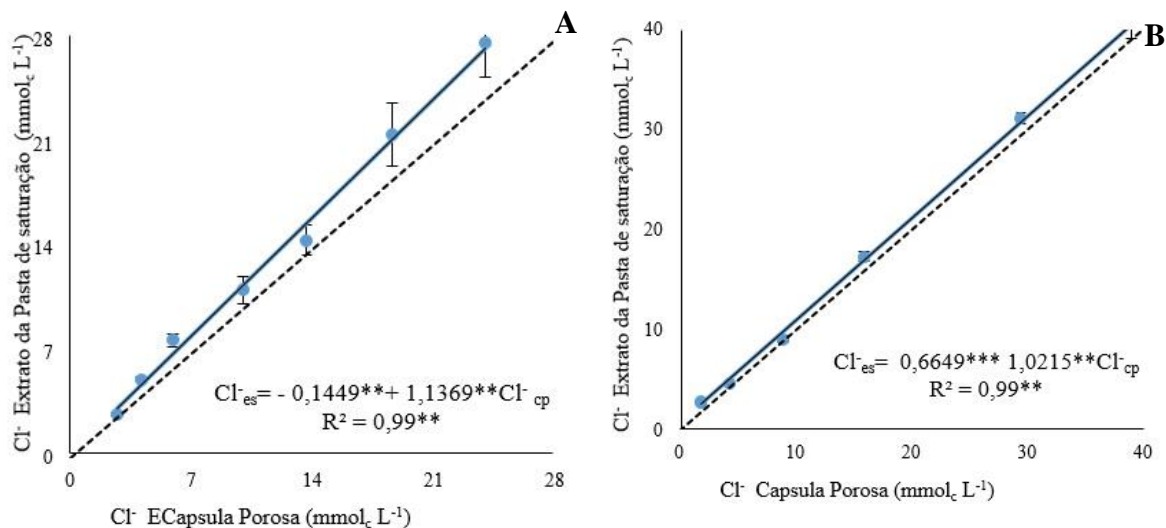


Figura 54. A) Relação entre o cloreto extraído do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e o Cl^- obtido via cápsula porosa (Cl^-_{cp}), Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

No horizonte superficial, observou-se que as médias de Cl^- extraídas via cápsula porosa, apresentaram-se mais próximas da linha 1:1, havendo uma mínima subestimação dos resultados de Cl^- extraídos via cápsula porosa. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão, quando o Cl^-_{cp} for igual a 1 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ os valores de cloreto obtido via extrato da pasta de saturação serão superestimados (Figura 54)

Supõe-se que a presença de cargas negativas geradas pela matéria orgânica ocasionou um campo elétrico negativo, o que provocou uma repulsão de cargas iguais, e consequentemente maior lixiviação do elemento (ALLEONI; MELLO; ROCHA, 2009). Salienta-se que o momento em que se aplicou o vácuo na cápsula porosa, se deu, após a drenagem da água gravitacional, o que provavelmente deslocou para fora da coluna o Cl^- , resultando em uma menor concentração do elemento no interior da cápsula porosa.

Quando o objetivo for estimar os íons (K^+ , Na^+ , Cl^- , Mg^{+2} , Ca^{+2}) e a CE em um Latossolo Amarelo, horizonte superficial e subsuperficial diagnóstico com argilo arenosa e argila, respectivamente (Tabela 2) e mineralogia predominantemente caulinítica, com óxidos (goethita) (Tabela 5), os valores encontrados, via cápsula porosa, mesmo após a correção da umidade poderão ser subestimado no horizonte superficial, com maior quantidade de matéria orgânica, exceto para o K^+ em relação ao método padrão (Extrato da pasta de Saturação). Quanto ao Na^+ no horizonte subsuperficial diagnóstico os resultados apresentam valores subestimados. Os modelos matemáticos apresentados neste trabalho podem ser usados para correlacionar com precisão, uma vez que os coeficientes de determinação foram maiores que $> 0,90$. Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em

consideração, uma vez que o coeficiente linear de todas as equações obtidas apresentaram significância (Exceto Mg^{+2} , horizonte Bw e K^+ , horizonte A).

4.6.2 Centrifugação para extração de solução em um Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (LA)

Para determinação da CE em um LA, observou-se efeito linear positivo ($p < 0,01$) para o horizonte A e Bw (Figura 55).

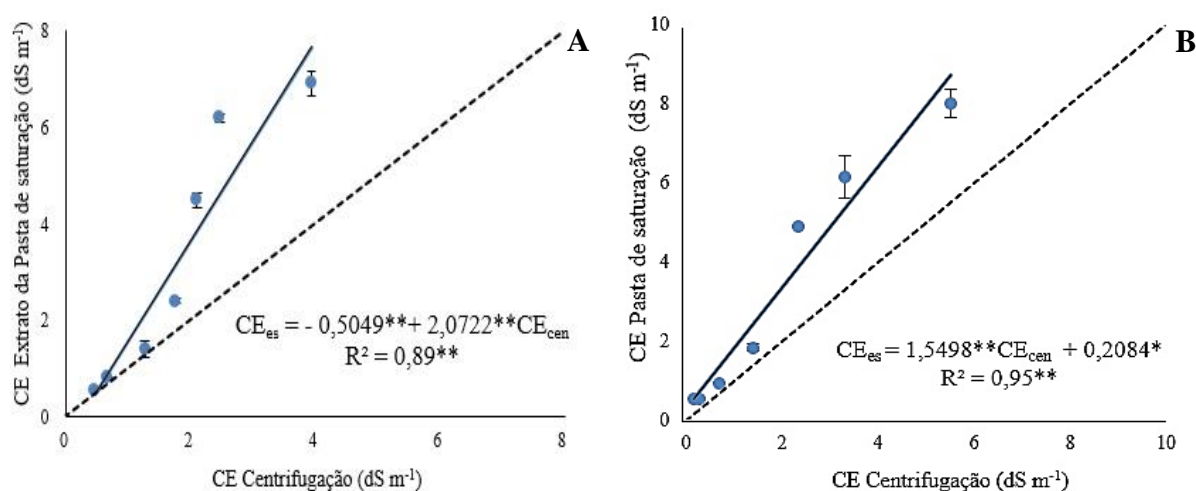


Figura 55. A) Relação entre a condutividade elétrica extraído do extrato de saturação do solo (CE_{es}) e a CE obtida via centrifugação (CE_{cen}) do Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Analisando o comportamento do CE extraído via centrifugação, nos horizontes A e Bw, verificou-se os valores dos extratos de pasta estão altamente correlacionados com os valores obtidos para determinação do CE estimado via centrifugação em Nitossolo. Na equação de regressão pode-se verificar para o horizonte A e Bw, os valores foram subestimados. Dado este pode ser comprovado através das equações de regressão, quando os valores de CE_{cen} for igual a 1 dS m^{-1} , os valores de Mg^{2+} obtidos pelo método padrão serão iguais a $1,5673$ e $1,3414 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 55).

Tem-se, na Figura 54A e 54 B, regressões com coeficientes de determinação altos ($R^2 = 0,89$ e $0,95$) entre a CE_{es} e CE obtida pelo método de centrifugação para os dois horizontes. No horizonte A o valor do coeficiente de determinação $< 0,90$. Dessa forma menos de 90 % da variação do método padrão é acompanhado pela centrifugação. No horizonte Bw, faz se possível determinar a condutividade elétrica pelo método da centrifugação para solos que possuam características físicas e químicas próximas as observadas nesse estudo.

O método da centrifugação sem correlacionar com o método padrão, possuem medias subestimadas, dessa forma para resultados seguros e precisos, deve-se levar em consideração as equações matemáticas preestabelecidas anteriormente a experimentação.

Para determinação da Ca^{2+} em um LA, observou-se efeito linear positivo ($p < 0,01$) para o horizonte A e Bw (Figura 56).

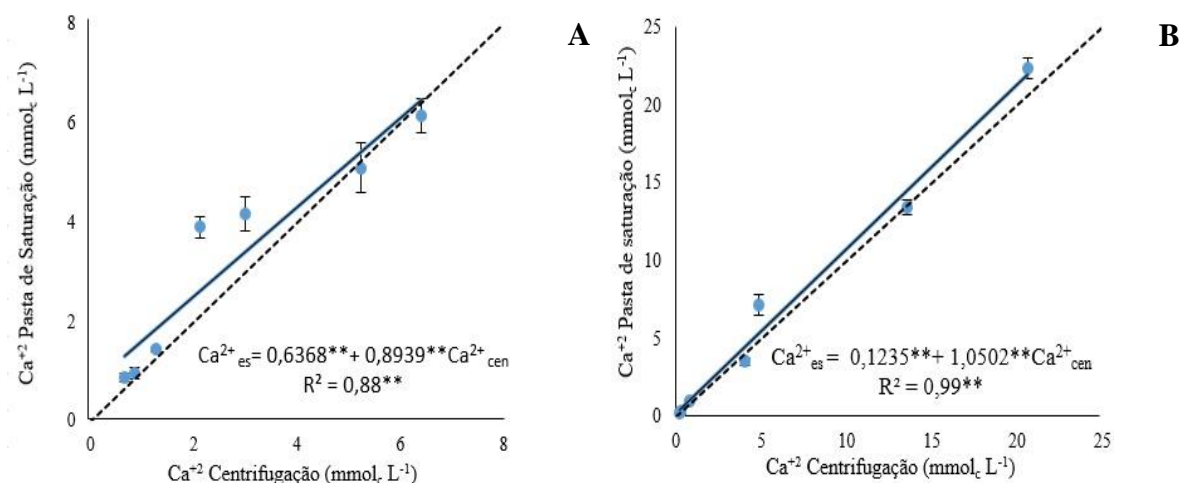


Figura 56. A) Relação entre o cálcio extraído do extrato de saturação do solo ($\text{Ca}^{2+}_{\text{es}}$) e o Ca^{2+} obtido via centrifugação ($\text{Ca}^{2+}_{\text{cen}}$) do Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Quanto aos valores de Ca^{2+} obtidos pelo método da centrifugação, estes apresentaram médias que se aproximaram da linha tracejada 1:1 mostrando elevada correlação entre o método padrão (extrato da pasta) (Figura 55 A, 55 B). Nas equações de regressão pode-se verificar para o horizonte A e Bw, que os valores de Ca^{2+} obtidos via centrifugação foram subestimados, entretanto, apresentaram-se próximas da linha 1:1. Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão. No entanto, no horizonte A o valor do coeficiente de determinação $< 0,90$. Dessa forma menos de 90 % da variação do método padrão é acompanhado pela centrifugação. Sendo apenas viável a estimativa do cálcio para o horizonte Bw.

Quanto aos teores de Mg^{2+} observou-se equações lineares significativamente positivas ($p \leq 0,01$) entre o Mg^{2+} do extrato de saturação ($\text{Mg}^{2+}_{\text{es}}$) e o Mg^{2+} obtido pela centrifugação (Figura 57).

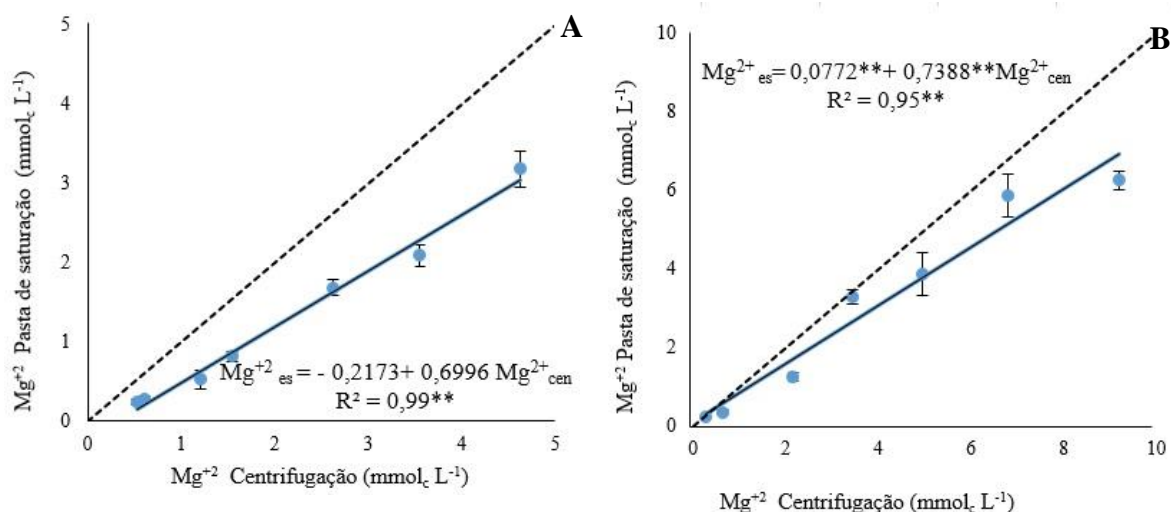


Figura 57. A) Relação entre o magnésio extraído do extrato de saturação do solo (Mg^{2+}_{es}) e Mg^{2+} obtido via centrifugação (Mg^{2+}_{cen}) do Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Aos valores de Mg^{2+} para os horizontes A e Bw, foram superestimados, fato este pode ser observado através das equações de regressão, quando os valores de Mg^{2+}_{cen} for igual a 1, os valores de Mg^{2+} obtidos pelo método padrão serão iguais a 0,4823 e 0,816 $mmol_{\text{c}} L^{-1}$ (Figura 57). Os coeficientes de determinação foram 0,99, para ambos os horizontes. Indicando elevada viabilidade de obtenção deste elemento na solução do solo através da centrifugação.

O potássio do extrato da pasta correlacionou-se positiva e significativamente com o K^{+} obtido via centrifugação ($p < 0,01$) (Figura 58).

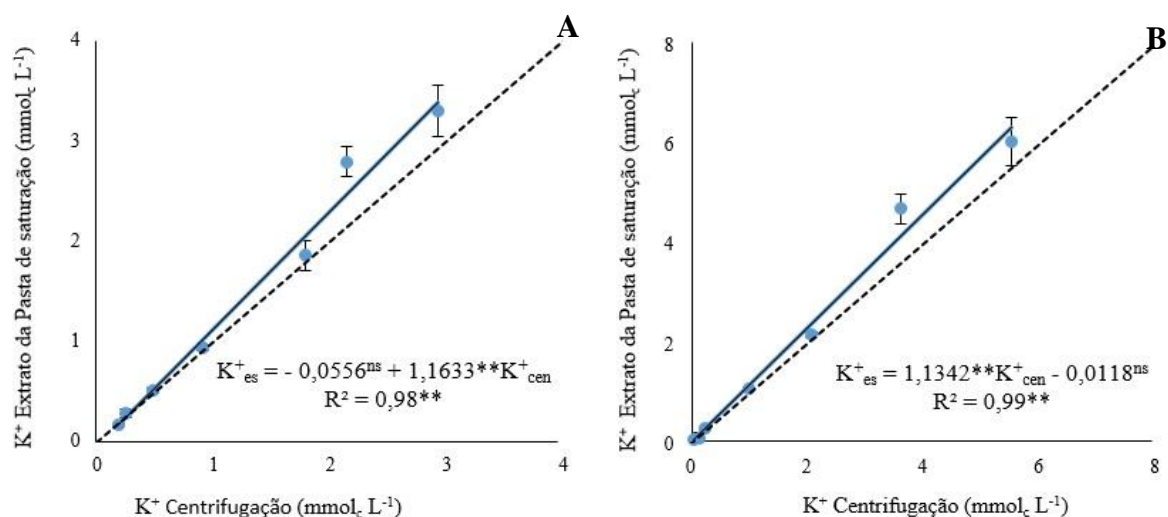


Figura 58. A) Relação entre o potássio extraído do extrato de saturação (K^{+}_{es}) e o K^{+} obtido via centrifugação (K^{+}_{cen}) do Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Os teores foram subestimados nos dois horizontes estudados como pode ser observado mediante a análise das equações, quando os valores de K^+_{cen} for igual a 1, os valores de Mg^{2+} obtidos pelo método padrão serão iguais a 1,1633 e 1,1342 $mmol_c L^{-1}$ (Figura 57). Apresentam elevados coeficientes de determinação ($R^2 = 0,96$ e $0,99$) para o horizonte A e Bw. Indicando elevada viabilidade de obtenção deste elemento na solução do solo através da cápsula.

Observou-se equações lineares significativamente positivas ($p < 0,01$) entre o Na^+ estimada via extração com a centrifugação e o Na^+ obtido pelo extrato da pasta de saturação (Na^+_{es}) nos horizontes A e Bw em um Latossolo (Figura 59).

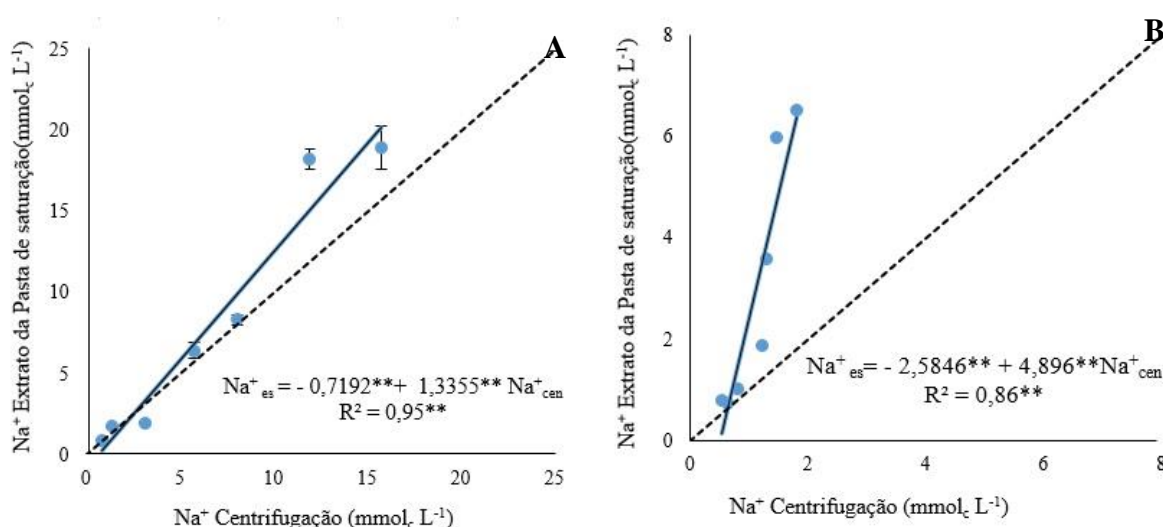


Figura 59. A) Relação entre o magnésio extraído do extrato de saturação (Na^+_{es}) e o Na^+ obtida via centrifugação (Na^+_{cen}) do Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

No horizonte A do LA, observa-se alto ($R^2 = 0,95$) coeficiente de determinação entre Na^+_{es} e o Na^+ extraído via centrifugação. No entanto, observou-se que as médias de Na^+ extraídas via centrifugação, foram subestimadas. No horizonte Bw do LA, observou-se coeficiente de determinação menor 0,90, ou seja, menos de 90 % da variação que ocorreu nas concentrações de sódio extraídos via centrifugação ocorreram no método padrão. Os valores de Na^+_{cen} assim como, no horizonte superficial também foram subestimados no subsuperficial diagnóstico (Figura 59).

O cloreto do extrato de saturação (Cl^-_{es}) correlacionou-se positivamente e significativamente ($p > 0,01$) com o Cl^- obtido através da cápsula porosa, nos dois horizontes (Figura 60).

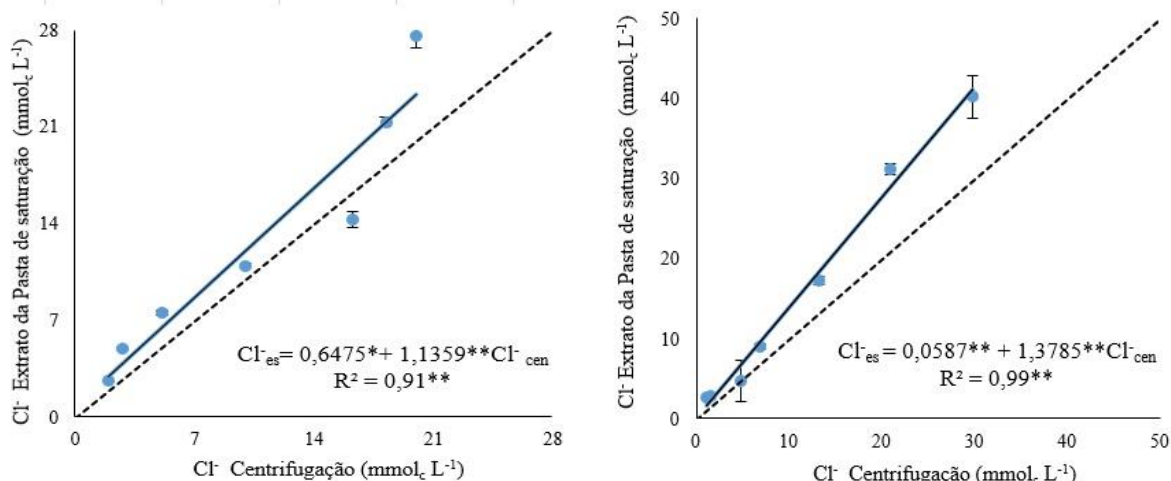


Figura 60. A) Relação entre o cloreto extraído do extrato de saturação (Cl^-_{es}) e o Cl^- obtido via centrifugação (Cl^-_{cen}) do Horizonte A do Latossolo. E B) do Horizonte Bw do Latossolo

Analisando o comportamento do Cl^- extraído via centrifugação, nos horizontes A e Bw, os valores de apresentaram-se mais próximos da linha 1:1, havendo uma mínima subestimação dos resultados de Cl^- extraídos via cápsula porosa, no entanto, a extração do elemento via cápsula porosa, apresentou valores de Na^+ próximos do método padrão (extrato da pasta) (Figura 54). Esta informação pode ser comprovada através da equação de regressão. Dessa forma, a extração do elemento via cápsula porosa, apresenta-se viável para a determinação do mesmo na solução do solo.

Se o objetivo for estimar os íons (K^+ , Na^+ , Cl^- , Mg^{+2} , Ca^{+2}) e a CE em um Latossolo Amarelo, horizonte superficial e subsuperficial diagnóstico com argilo arenosa e argila, respectivamente (Tabela 2) e mineralogia predominantemente caulinítica, com óxidos (goethita) (Tabela 5), os valores encontrados, via centrifugação, mesmo após a correção da umidade poderão ser subestimado no horizontes A e Bw, exceto para o K^+ em relação ao método padrão (Extrato da pasta de Saturação). Os modelos matemáticos apresentados neste trabalho podem ser usados para correlacionar com precisão, uma vez que os coeficientes de determinação foram maiores que $> 0,90$. Entretanto, as características químicas e físicas iniciais do solo devem ser levadas em consideração, uma vez que o coeficiente linear de todas as equações obtidas apresentaram significância (Exceto Mg^{+2} , horizonte Bw e K^+ , horizonte A).

4.6.3 Relação Solo: Água para extração de solução em um Latossolo Amarelo Distrocioso húmico

Na Tabela 14, observa-se as equações obtidas através, das correlações entre as variáveis estimados via relação solo: solução de 1:2; 1:5 e 1:10 com as variáveis obtidos via extrato da pasta.

Tabela 16. Coeficiente de determinação (R^2) e equações de regressão descrevendo as relações entre extratos de pasta saturada e diferentes relações solo: água (1:2; 1:5; 1:10) no horizonte A e Bw, de um Latossolo Amarelo distrocioso húmico (LA)

LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO HÚMICO (LA)				
Variáveis	Relação Solo:água 1:2 (Hz A)		Relação Solo:água 1:2 (Hz Bw)	
	Equação de Regressão	R^2	Equação de Regressão	R^2
CE dS m ⁻¹	CE _{es} = - 0,1306+0,1651 CE _{1:2}	0,91**	CE _{es} = 0,0463+0,2169 CE _{1:2}	0,99**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	Ca ²⁺ _{es} = - 0,1359 +0,2916 Ca ²⁺ _{1:2}	0,76**	Ca ²⁺ _{es} = - 0,8447+0,5276 Ca ²⁺ _{1:2}	0,92**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	Mg ²⁺ _{es} = - 0,1135+0,1975 Mg ²⁺ _{1:2}	0,91**	Mg ²⁺ _{es} = - 0,1042+0,4192Mg ²⁺ _{1:2}	0,8**4
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	Na ⁺ _{es} = 0,2981+0,2013 Na ⁺ _{1:2}	0,97**	Na ⁺ _{es} = 0,5532+0,417 Na ⁺ _{1:2}	0,74**
K ⁺ mmolc L ⁻¹	K ⁺ _{es} = 0,0421+0,2764 K ⁺ _{1:2}	0,97**	K ⁺ _{es} = - 0,0136+0,3269 K ⁺ _{1:2}	0,98**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	Cl ⁻ _{es} = 0,388+0,34 Cl ⁻ _{1:2}	0,95**	Cl ⁻ _{es} = 0,5351+0,2327 Cl ⁻ _{1:2}	0,98**
Relação Solo:água 1:5 (Hz A)		Relação Solo:água 1:5 (Hz Bw)		
CE dS m ⁻¹	CE _{es} = 0,0158+0,1029 CE _{1:5}	0,97**	CE _{es} = -0,0054 +0,109 CE _{1:5}	0,99**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	Ca ²⁺ _{es} = 0,0568+ 0,1189 Ca ²⁺ _{1:5}	0,89**	Ca ²⁺ _{es} = - 0,6617 +0,352 Ca ²⁺ _{1:5}	0,85**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	Mg ²⁺ _{es} = 0,0236+0,0988 Mg ²⁺ _{1:5}	0,96**	Mg ²⁺ _{es} = 0,1184+0,246 Mg ²⁺ _{1:5}	0,87**
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	Na ⁺ _{es} = - 0,02992+0,0954 Na ⁺ _{1:5}	0,87**	Na ⁺ _{es} = X	-
K ⁺ mmolc L ⁻¹	K ⁺ _{es} = 0,0462+0,1193 K ⁺ _{1:5} +	0,91**	K ⁺ _{es} = 0,0028+0,0504 K ⁺ _{1:5}	0,94**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	Cl ⁻ _{es} = 0,0215+0,1449 Cl ⁻ _{1:5}	0,95**	Cl ⁻ _{es} = 0,0173+0,1124 Cl ⁻ _{1:5}	0,98**
Relação Solo:água 1:10 (Hz A)		Relação Solo:água 1:10 (Hz Bw)		
CE dS m ⁻¹	CE _{es} = 0,0105 +0,0574 CE _{1:10}	0,99**	CE _{es} = 0,0034+0,0613 CE _{1:10}	0,99**
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	Ca ²⁺ _{es} = 0,0264+0,0671 Ca ²⁺ _{1:10}	0,98**	Ca ²⁺ _{es} = - 0,3613+0,1881 Ca ²⁺ _{1:10}	0,85**
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	Mg ²⁺ _{es} = - 0,006+ 0,658 CE _{1:10}	0,98**	Mg ²⁺ _{es} = - 0,0718 + 0,1329 CE _{1:10}	0,91**
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	Na ⁺ _{es} = 0,01+0,0537 Na ⁺ _{1:10}	0,80**	Na ⁺ _{es} = X	-
K ⁺ mmolc L ⁻¹	K ⁺ _{es} = - 0,0173+0,713 K ⁺ _{1:10}	0,96**	K ⁺ _{es} = 0,0045 + 0,704 K ⁺ _{1:10}	0,98**
Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	Cl ⁻ _{es} = 0,1806 0,364 Cl ⁻ _{1:10}	0,96**	Cl ⁻ _{es} = 0,2089 + 0,0546 Cl ⁻ _{1:10}	0,95**

Os valores de CE das relações solo: solução de 1:2; 1:5 e 1:10 foram inferiores aos encontrados nos outros métodos (cápsula extratora e centrifugação), em função principalmente da diluição das amostras. De acordo com Souza et al., (2013) essas variações podem ocorrer em função da capacidade de troca de cátions, da composição e concentração de sais, da

dissolução mineral e das características relativas à retenção de água no solo, que alteram os valores encontrados nos extratos diluídos obtidos da relação solo: água.

No entanto, devido aos altos valores dos coeficientes de determinação nas três relações solo:água avaliadas, as equações que relacionam os variáveis extraídas pela pasta saturada e as obtidas por meio de soluções mais diluídas, podem ser utilizadas com boa precisão para estimar a CEEs em Latossolos com mineralogia predominantemente caulínica com goethita para menores profundidades (Tabela 16).

A estimativas por meio das relações solo e água, apesar de necessitar da prefixação de uma relação entre a o extrato da pasta e das relações solo água nas diferentes proporções, possui vantagens operacionais como: rapidez, custos relativamente reduzidos e não precisar de equipamentos para retirar o extrato do solo.

4.7 Potencial Osmótico nas diferentes Classes de Solo em Pernambuco

Os resultados das correlações de Pearson entre os valores da condutividade elétrica e potencial osmótico para todos os métodos testados (cápsula porosa, centrifugação, relação solo água: 1:2; 1:5; 1:10), nas cinco classes de solos estudadas estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 17. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre a CE e o Potencial osmótico para os métodos do extrato da pasta de saturação (método padrão), cápsula porosa, centrifugação, relações solo: água 1:2; 1:5 e 1:10

CE (dS m ⁻¹)	Ψ_o (Mpa)					
	RR (Hz A)	RR (Hz C)	GX (Hz A)	GX (Hz Cg)	TX (Hz A)	TX (Hz Bt)
Extrato da Pasta	-0,94**	-0,97**	-0,88**	-0,82**	-0,93**	-0,93**
Cápsula porosa	-0,88**	-0,97**	-0,94**	-0,96**	-0,68**	-0,90**
Centrifugação	-	-	-0,88**	-0,69**	-0,82**	-0,84**
Relação 1:2	ns	ns	-0,75**	-0,64**	-0,69**	-0,87**
Relação 1:5	-0,62**	ns	ns	ns	ns	-0,67**
Relação 1:10	-0,57**	ns	ns	ns	ns	-0,33*

CE (dS m ⁻¹)	Ψ_o (Mpa)			
	NX (Hz A)	NX (Hz Bt)	LA (Hz A)	LA (Hz Bw)
Extrato da Pasta	-0,81**	-0,94**	-0,82**	-0,94**
Cápsula porosa	-0,91**	-0,84**	-0,94**	-0,98**
Centrifugação	-0,73**	-0,75**	-0,91**	-0,91**
Relação 1:2	-0,89**	-0,61**	-0,91**	-0,88**
Relação 1:5	-	-	-0,56**	-0,82**
Relação 1:10	-	-	-0,23**	-0,90**

** significativo a 0,01 de probabilidade; ns não significativo

Os solos GX (A e Cg), RR (horizonte C), TX (horizonte A) não apresentam correlação de Pearson significativa para os métodos Relação solo água 1:5 e 1:10. Para os métodos 1:5 e 1:10 o nitossolo apresentou uma coloração muito intensa mesmo após a filtração não sendo possível determinar o Ψ_0 da solução extraída. O osmômetro é um equipamento usado para determinar o peso molecular a partir da medida da pressão osmótica exercida pelas moléculas do solvente ao difundirem-se através de uma membrana semipermeável, caso fosse analisada a amostra turgida, ao invés de trabalhar com a quantidade de sais da amostra, haveria influencia das partículas de argila.

Os extratos de diluição solo: água são menos concentrados que os demais métodos, devido a maior diluição, ocasionando variações em função da capacidade de troca de cátions, da composição e concentração de sais, da dissolução mineral e das características relativas à retenção de água no solo, que alteram os valores encontrados nos extratos diluídos obtidos de relação solo:água (SOUZA et al., 2013).

Observa-se que os baixos ajustes foram obtidos nos solos onde aplicou as menores CE como tratamento, GX (Horizonte A: 0,003 até 6,357; B:0,004 até 4,752); RR (Horizonte A 0,005 até 5,088; B: 0,015 até 4,648) e TX (Horizonte A 0,023 até 6,500) (Tabela 17).

Os extratos solo:solução 1:5 e 1:10 são utilizados em áreas extremamente salinas, evitando a formação de pares de íons que normalmente são observados nos extratos de saturação, quando preparados com solos sob essas condições de CE (HERRERO; WEINDORF; CASTAÑEDA, 2015).

Provavelmente para obtenção de maiores ajustes seriam necessário maiores aplicações de CE. Uma vez que, quando se aumenta a concentração de sais nas soluções, aumenta-se a CE e conseqüentemente a redução do potencial osmótico (SILVA et al., 2013). Já que, com esses valores a variação no equipamento foram muito baixas não evidenciando respostas significativas.

Para os métodos: extrato da pasta, centrifugação, cápsula porosa e a relação solo água 1:2 apresentou valores de correlação $> 0,60$.

Com o intuito de estimar o potencial osmótico por meio de uma medida mais simples como a condutividade elétrica foi ajustada uma equação de regressão linear para observar esse comportamento e adequabilidade para cada solo pelos diferentes métodos (Tabela 18).

As equações obtidas para o RR podem ser utilizadas para estimar com precisão o valor do Ψ_0 , uma vez que, apresentaram altos valores de coeficiente de determinação ($R^2 > 0,89$) para os métodos cápsula porosa e o extrato da pasta de saturação para solos que possuam

características próximas a desse estudo. As relações solo água 1: 5 e 1:10 apenas apresentaram coeficientes de determinação satisfatórios, no entanto inferior ao observado, pelos outros métodos apenas no horizonte A, no horizonte C, as equações obtidas não foram significativas.

As equações obtidas podem ser utilizadas para estimar o valor do Ψ_0 com precisão para GX através dos métodos cápsula porosa, extrato da pasta de saturação e centrifugação, já que apresentam altos ajustes, assim como para o LA e NX.

Tabela 18. Relação entre a condutividade elétrica e o potencial osmótico em dois horizontes para as cinco classes de solos estudados

(Continua)

Neossolo Regolítico Eutrófico típico (RR)				
Método	CE (dS m ⁻¹) e Ψ_o (Mpa) (Hz A)	R ²	CE (dS m ⁻¹) e Ψ_o (Mpa)	R ²
	Equação de Regressão		(HzCg)	
Extrato da Pasta	$\Psi_o_{es} = -0,0877 - 0,1524 CE_{es}$	0,89 **	$\Psi_o_{es} = -0,0046 - 0,0349 CE_{es}$	0,99 **
Cápsula porosa	$\Psi_o_{CP} = -0,0205 - 0,0362 CE_{CP}$	0,96 **	$\Psi_o_{CP} = -0,0099 - 0,0318 CE_{CP}$	0,99 **
Relação 1:2	$\Psi_o_{1:2} = X$	-	$\Psi_o_{1:2} = X$	-
Relação 1:5	$\Psi_o_{1:2} = -0,0166 - 0,1054 CE_{1:5}$	0,75 **	$\Psi_o_{1:5} = X$	-
Extrato da Pasta	$\Psi_o_{1:5} = -0,0077 - 0,2589 CE_{1:10}$	0,63 **	$\Psi_o_{1:10} = -0,0233 - 0,0421 CE_{1:5}$	0,42 **
Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GX)				
	Equação de Regressão	R ²	Equação de Regressão	R ²
Extrato da Pasta	$\Psi_o_{es} = -0,0054 - 0,0347 CE_{es}$	0,86 **	$\Psi_o_{es} = -0,0346 - 0,0307 CE_{es}$	0,86 **
Cápsula porosa	$\Psi_o_{CP} = -0,0404 - 0,283 CE_{CP}$	0,96 **	$\Psi_o_{CP} = -0,0262 - 0,0321 CE_{CP}$	0,98 **
Centrifugação	$\Psi_o_{CEN} = -0,0307 - 0,0449 CE_{CEN}$	0,92 **	$\Psi_o_{CEN} = -0,0157 - 0,0358 CE_{CEN}$	0,82 **
Relação 1:2	$\Psi_o_{1:2} = -0,0252 - 0,021 CE_{1:2}$	0,80 **	$\Psi_o_{1:2} = -0,0226 - 0,0325 CE_{1:2}$	0,54 **
Relação 1:5	$\Psi_o_{1:5} = -0,0023 - 0,0208 CE_{1:5}$	0,32 **	$\Psi_o_{1:5} = X$	-
Relação 1:10	$\Psi_o_{1:10} = -0,0234 - 0,0232 CE_{1:10}$	0,17 **	$\Psi_o_{1:10} = X$	-
Luvissole Háplico Ortico típico (TX)				
	Equação de Regressão	R ²	Equação de Regressão	R ²
Extrato da Pasta	$\Psi_o_{es} = -0,0481 - 0,0239 CE_{es}$	0,94 **	$\Psi_o_{es} = -0,0574 - 0,0132 CE_{es}$	0,97 **
Cápsula porosa	$\Psi_o_{CP} = -0,019 - 0,0306 CE_{CP}$	0,78 **	$\Psi_o_{CP} = -0,0092 - 0,037 CE_{CP}$	0,92 **
Centrifugação	$\Psi_o_{CEN} = -0,0513 - 0,0261 CE_{CEN}$	0,74 **	$\Psi_o_{CEN} = -0,058 - 0,0242 CE_{CEN}$	0,90 **
Relação 1:2	$\Psi_o_{1:2} = -0,0663 - 0,1739 CE_{1:2}$	0,82 **	$\Psi_o_{1:2} = -0,0068 - 0,0278 CE_{1:2}$	0,92 **
Relação 1:5	$\Psi_o_{1:5} = X$	-	$\Psi_o_{1:5} = -0,0449 - 0,0227 CE_{1:5}$	0,87 **
Relação 1:10	$\Psi_o_{es} = -0,0481 - 0,0239 CE_{es}$	0,94 **	$\Psi_o_{es} = -0,0574 - 0,0132 CE_{es}$	0,97 **
Nitossolo Háplico Distrófico típico (NX)				
	Equação de Regressão	R ²	Equação de Regressão	R ²
Extrato da Pasta	$\Psi_o_{es} = -0,615 - 0,1338 CE_{es}$	0,80 **	$\Psi_o_{es} = -0,0713 - 0,0401 CE_{es}$	0,95 **
Cápsula porosa	$\Psi_o_{CP} = -0,0306 - 0,0962 CE_{CP}$	0,96 **	$\Psi_o_{CP} = -0,045 - 0,0423 CE_{CP}$	0,87 **
Centrifugação	$\Psi_o_{CEN} = 0,024 + 0,0598 CE_{CEN}$	0,81 **	$\Psi_o_{CEN} = -0,0350 - 0,0581 CE_{CEN}$	0,54 **
Relação 1:2	$\Psi_o_{1:2} = -0,0226 - 0,0325 CE_{1:2}$	0,54	$\Psi_o_{1:2} = -0,0139 - 0,0409 CE_{1:2}$	0,88 **

Tabela 18. Relação entre a condutividade elétrica e o potencial osmótico em dois horizontes para as cinco classes de solos estudados

(Conclusão)

Latossolo Amarelo Distrocioso típico (LA)				
	Equação de Regressão		Equação de Regressão	
Extrato da Pasta	$\Psi_{o_{es}} = -0,0995 - 0,035 CE_{es}$	0,87 **	$\Psi_{o_{es}} = -0,0359 - 0,0219 CE_{es}$	0,97
Cápsula porosa	$\Psi_{o_{CP}} = -0,0277 - 0,0315 CE_{CP}$	0,95 **	$\Psi_{o_{CP}} = -0,0159 - 0,032 CE_{CP}$	0,94
Centrifugação	$\Psi_{o_{CEN}} = 0,0232 + 0,0655 CE_{CEN}$	0,89 **	$\Psi_{o_{CEN}} = -0,077 - 0,0429 CE_{CEN}$	0,97
Relação 1:2	$\Psi_{o_{1:2}} = -0,0354 - 0,0326 CE_{1:2}$	0,96 **	$\Psi_{o_{1:2}} = -0,0212 - 0,0218 CE_{1:2}$	0,96
Relação 1:5	$\Psi_{o_{1:5}} = -0,0213 - 0,00244 CE_{1:5}$	0,69 **	$\Psi_{o_{1:5}} = -0,0233 - 0,0421 CE_{1:5}$	0,78
Relação 1:10	$\Psi_{o_{1:10}} = -0,0238 - 0,0194 CE_{1:10}$	0,29 **	$\Psi_{o_{1:10}} = X$	-

As equações obtidas podem ser utilizadas para estimar o valor do Ψ_o com precisão para TX para o horizonte A com características do solo próximas as encontradas nesse estudo. O método extrato da pasta, apresentou maior ($R^2 = 0,94$) coeficiente de determinação quando comparado a outros métodos. A cápsula porosa, centrifugação e a relação solo:água 1:2 apresentaram coeficientes de determinação ($R^2 = 0,78; 0,74; 0,82$, respectivamente) satisfatório, no entanto, inferior ao método padrão. Comportamento semelhante foi observado no horizonte Bt, onde obteve-se o maior ($R^2 = 0,97$) coeficiente de determinação com o método padrão e o menor (0,24) na relação solo: água mais diluída (1:10).

Souza et al., (2013) relacionando Ψ_o do extrato de saturação com a CE ($dS m^{-1}$) em um Neossolo Flúvico, observaram alto ajuste ($R^2 = 0,99$), os autores mencionam na pesquisa que o argilomineral presente na fração argila do solo sejam do tipo 2:1, que apresentam balanço de cargas predominantemente negativas, como o do TX analisado nesse estudo (Tabela 18).

5. CONCLUSÕES

Observou-se uma forte relação entre os métodos avaliados nessa pesquisa e a possibilidade de utilização das equações geradas para estimar a condutividade elétrica, potencial osmótico, cátions e Cl^- solúveis. Os métodos da pasta de saturação e centrifugação mostraram-se altamente correlacionados com o método padrão da pasta de saturação. Dentre as relações solo:água percebeu-se que a relação 1:2 deve ser preferida em função da menor diluição e de uma maior relação com os demais métodos.

A condutividade elétrica pode ser usada como ferramenta para estimar o potencial osmótico através dos métodos: extrato da pasta, centrifugação, cápsula porosa e relação solo água 1:2 para solos com, mineralogia e texturas semelhantes ao da pesquisa

As relações encontradas nessa pesquisa e as equações geradas servirão de subsídio para trabalhos de manejo ambiental envolvendo a fase aquosa de solos, mineralogia e textura semelhante.

A avaliação dos dois horizontes (superficial e diagnóstico) das diferentes classes de solos geraram importantes informações para utilização prática na agricultura (caso do horizonte A) e processos relacionados a gênese dos solos no aspecto de interação com os processos de formação do solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida buscou abordar um tema que merece destaque que são os métodos utilizados para extrair e caracterizar a solução do solo. Nesse sentido, procurou-se selecionar solos de Classes, texturas e mineralogia distintas e avaliar os principais métodos descritos na literatura. Como forma de representar a condição real de campo optou-se por utilizar valores de condutividade elétrica baseados na condição inicial dos solos e, a partir desses, criar um intervalo que pudesse gerar equações robustas em ampla faixa de concentrações iônicas.

Dentre os métodos, observou-se que, além do já rotineiramente utilizado em laboratórios como a pasta de saturação e em campo com as cápsulas extratoras, a centrifugação apresenta viabilidade, a depender da quantidade de solução desejada. A relação 1:2 mostrou-se promissora quando o intuito é determinar de forma rápida e econômica as variáveis da solução do solo, especialmente a condutividade elétrica.

O intuito inicial da pesquisa era abranger todas as Classes de Solos do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. Entretanto, percebeu-se que a mineralogia do solo é uma variável que influencia de forma intensa nas relações físico-químicas e, variando a mesma poderia encontrar relações interessantes. Além disso, preferiu-se reduzir a quantidade de solos para fazer um experimento por cada horizonte e gerar equações mais robustas. Nesse sentido, foi possível realizar 10 ensaios experimentais para se conseguir o objetivo anterior.

7. REFERÊNCIAS

- ADAMS, F.; BURMESTER, C.; HUE, N. V.; LONG, F. L. Comparison of Column-Displacement and centrifuge methods for obtaining soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 733-735, 1980.
- ALLEONI, L. R. F.; MELLO, J.W.V; ROCHA, W.S.D. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. In: MELO, V.F; ALLEONI, L.R.F. **Química e mineralogia do solo. Parte II- Aplicações**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 69-130, 2009.
- ALMEIDA, B.G.; VIANA, J. H.M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ H, A.; KLEIN V. A.; DECHEN S. C. F.; FERNANDES R. B. A. Densidade do solo In: TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA. A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, cap. 7, 2017. E-Book. ISBN 978-85-7035-771-7
- ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. DO S. B.; MARQUES, F. A.; LOPES, H. L. SOLOS. In: TORRS, F. S. M.; PFALTZGRAFF, S. P. A. **Geodiversidade do estado de Pernambuco**. RECIFE: CPRM, 2014. cap. 2, p. 111-135.
- ARAÚJO, J. K. S. **Latossolos com horizonte A húmico na Província Borborema: caracterização de solos e da matéria orgânica**. 2014. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.
- AZEVEDO, A.C.; VIDAL-TORRADO, P. Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxi entrecamadas e clorita. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L.R.F. **Química e mineralogia do solo: Parte I-Conceitos básicos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 6, p. 381-426, 2009.
- BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em seqüência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008.
- BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: BRINDLEY, G.W.; BROWN, G. London: **Mineralogical Society**, cap.5, p. 305-360, 1980.
- CÂMERA, E.R.B. **Caracterização e pedogênese de Luvisolos e Planossolos no Núcleo de Desertificação de Cabrobó, Pernambuco**. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- CAMPOS, D.V.B.; TEIXEIRA, P. C.; PÉREZ, D. V.; SALDANHA, M. F. C. Acidez potencial do solo. In: TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA. A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, cap. 5, 2017. E-Book. ISBN 978-85-7035-771-7
- CARNEIRO, M. A.; LIMA, A.; CAVALCANTE, Í. H.; CUNHA, J. C.; RODRIGUES, M. S.; LESSA, T. B. D. S. Soil salinity and yield of mango fertigated with potassium sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21,

n. 5, p. 310-316, 2017.

CHAVES, L. H. G.; KINJO, T. Relação quantidade/intensidade de potássio em solos do trópico semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, Viçosa, v. 11, n. 3, p. 257-261, 1987.

CHI, C.M.; WANG, Z.C. Characterizing salt-affected soils of songnen plain using saturated paste and 1:5 soil-to-water extraction methods. **Arid Land Research and Management**, Philadelphia, v.24, p. 1–11, 2010.

COSCACIONE, A. R.; MENDONÇA SILVA, L. F.; CLERICI DE MARIA, I.; ANDRADE, C. A.; FERRACINI, V. L. Solução do solo e análise de componentes principais para monitoramento da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1654-1662, 2014.

COSTA, A.C.S.; BIGHAM, J.M. Óxidos de ferro. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L.R.F. **Química e mineralogia do solo: Parte I-Conceitos básicos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 6, p. 505-573, 2009.

COSTA, A. C. S.; SUZUKI, A. A.; LIBARDI, P. L.; PINTRO, J. C.; TORMENA, C. A.; SOUZA, I. G.; SENGIK, E. Extração de K⁺ e Na⁺ por cápsulas de cerâmica porosa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 22, p. 1023-1029, 2000.

DIAS, N. S., DUARTE, S. N., GHEYI, H. R., DE MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo e de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 496-504, 2005.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; FILHO, J. F. T. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. I: efeitos sobre o crescimento de meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 496-504, 2006.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E.R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O.N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. IN: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. 2. ed Fortaleza, CE: INCTSal, 2016. cap. 8, p. 123-148.

DINKA, T. M.; MORGAN, C. L.; MCINNES, K. J.; KISHNÉ, A. S.; HARMEL, R. D. Shrink–swell behavior of soil across a Vertisol catena. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 476, p. 352-359, 2013.

DONAGEMMA, G. K.; VIANA, J. H.M.; ALMEIDA, B. G.; RUIZ H, A.; KLEIN V. A.; DECHEN S. C. F.; FERNANDES R. B. A. Análise Granulométrica In: TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA. A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, cap. 1, 2017. E-Book. ISBN 978-85-7035-771-7

ELKHATIB, E. A.; BENNETT, O. L.; BALIGAR, V. C.; WRIGHT, R. J. A centrifuge method for obtaining soil solution using an immiscible liquid. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 50, p.297-299, 1986.

FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. D.A. S.; LACERDA, C. F. D.E.; GOMES FILHO, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2 ed Fortaleza, CE: INCTSal, 2017. cap. 3, p. 17-34.

FRATERS, D.; BOOM, G. J.; BOUMANS, L. J.; WEERD, H.; WOLTERS, M. Extraction of soil solution by drainage centrifugation-effects of centrifugal force and time of centrifugation on soil moisture recovery and solute concentration in soil moisture of loess subsoils. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 189, n. 2, p. 2-18, 2017

FREIRE, M. B. G. S.; PESSOAL, L. G. M.; GHEYI, H. R. Métodos de análises químicas para solos afetados por sais. IN: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. 2.ed Fortaleza, CE: INCTSal, 2016. cap. 8, p. 123-148.

GEIBE, C.; ROLF D. E.; PATRICK A. W. VAN HEES.; ULLA S. L. Comparison of soil solution chemistry sampled by centrifugation, two types of suction lysimeters and zero-tension lysimeters. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 21, p. 2096-2111, 2016.

GILLMAN, G.P. A centrifuge method for obtaining soil solution. ADELAIDE, S.A: Divisão de Solos do CSIRO; 1976.

GOFFAU, A.; VAN LEEUWEN, T.C.; VAN DEN HAM, A.; DOORNEWAARD, G.J.; FRATERS, B. Minerals Policy Monitoring Programme Report 2007–2010. Methods and Procedures. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands, RIVM Report 680717018 (2012).

GLOAGUEN, T. V.; CARVALHO PEREIRA, F. A. D.; BRUSCHI GONÇALVES, R. A.; SILVA PAZ, V. D. Composição química da solução do solo nas diferentes classes de poro do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p.544 –550, 2009.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. <<http://www.sudene.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/area-de-atuacao-da-sudene/semiarido>>. Acessado em: 25 dezembro. 2018. [[Links](#)]

HANSEN, E. A .; HARRIS, A. R. Validity of soil water samples collected with porous ceramic cups. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 39, n. 3, p. 528-536, 1975.

HANSEN, M.; KEPFER-ROJAS, S.; BJERAGER, P. E. R.; HOLM, P. E., SKOV, S.; INGERSLEV, M. Effects of ash application on nutrient and heavy metal fluxes in the soil and soil solution in a Norway spruce plantation in Denmark. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 424, p. 494-504, 2018.

HERRERO, J; WEINDORF, D. C.; CASTAÑEDA, C. Two fixed ratio dilutions for soil salinity monitoring in hypersaline wetlands. **PLoS One**, São Francisco, v. 10, n. 5, p.1-18, 2015.

- HEUCK, C.; WEIG, A.; SPOHN, M. Soil microbial biomass C: N: P stoichiometry and microbial use of organic phosphorus. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 85, p. 119-129, 2015.
- HILLEL, D. *Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life*. Academic Press, 2007. 320p.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; NETO, M. F. HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. D.A. S.; LACERDA, C. F. D.E.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2 ed Fortaleza, CE: INCTSal, 2017. cap. 4, p. 35-46.
- JACOMINE, P. T. K. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 96-111.
- JACKSON, M. L. *Soil chemical analysis: Advance course*. 29.ed. Madison, 1975. 895p.
- JONES, H. G. *Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology*. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 85p
- KHALAJABADI, S. S.; HERNÁNDEZ. R. D.Z. Propiedades Relacionadas Con La Adsorción De Cationes Intercambiables En Algunos Suelos De La Zona Cafetera De Colombia. **Cenicafé**, Manizales, v. 63, n. 2, p.79-89, 2012.
- KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; TORRADO, P.V. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: SBCS, 2012, p.207-302.
- KLEIN, C; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria. v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.
- LAO, M. T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E. J.; JIMÉNEZ, R. Determination of spatial variability of nutrient composition of soil solutions in greenhouses by using suction cups. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Filadélfia, v. 34, p. 865-879, 2003.
- LARCHER, W. **A planta sob estresse**. _____. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, p. 341-478, 2000.
- LEMOS, J. O. **Caracterização de gleissolos com e sem tiomorfismo da região litorânea do estado de Pernambuco**. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
- LIMA, C. J. G. S. **Calibração e manejo de extratores providos de cápsulas porosas e transdutores de pressão para monitoramento de íons na fertirrigação**. 2009, 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências Irrigação e Drenagem). Escola superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2009.

LITAOR, M.I Review of soil solution samplers. **Water Resources Research**, Washington v.24, n.5.p.727-733. 1988.

MAIA, F. ESTRELA, H. V. G. A.; SANTOS, A. E. C.; MELO, H. F.; SOUZA E. R. Potencial osmótico como ferramenta alternativa na avaliação de salinidade em solo no Semiárido Pernambucano. **Anais: XIII Jornada De Ensino, Pesquisa E Extensão – Jepex 2013 – UFRPE: Recife.**

MARQUES, M. V. A.; MATOS, A. T.; SILVA, D. A. P.; SILVÉRIO, T. H. R. Sodicidade e salinidade de solo submetido à fertirrigação com esgoto bruto aplicado em sulcos fechados. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 464-472, 2018.

MEDEIROS, P. R. F. **Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do tomate em solo franco-argiloso.** 2010, 85f. Tese (Doutorado em Ciências, Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2010.

MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S. N., UYEDA, C. A.; SILVA, Ê. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v. 16, n. 1, p. 51-56, 2012.

MELLO, JWV de; PEREZ, D. V. Equilíbrio químico das reações no solo. In: ALLEONI, LRF; MELLO, VF. **Química e mineralogia do solo.** Parte I-Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 152-228, 2009.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises.** Viçosa, 2005. 107p.

MEURER. E.J.; ANGHINON, I. Solução do Solo. In: **Fundamentos de Química do Solo.** EGON J. MEURER. 5º ed. Porto Alegre: Rio Grande do Sul, 2012. Cap 4, p.87-112

MIRANDA, J.; COSTA, L. M.A.; RUIZ, H.A.; EINLOFT, R. Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 633-647, 2006

MORAES, J. F. V.; DYNIA, J. F. Uso de cápsulas porosas para extrair solução do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 10, p. 1523-1528, 1990.

MOTA, P. R. D. A.; BÔAS, R. L. V.; LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação do pH e da condutividade elétrica do substrato sob níveis de fertirrigação e métodos de extração da solução. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 121-126, 2011.

NEVES, L.V.M.W. **Caracterização de nitossolos háplicos-argissolo amarelo em uma topolitossequência na Bacia Cabo, Sirinhaém - PE** 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014

NEVES, L.V. M. W.; SANTOS, J. C. H. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S. ; CORRÊA, M. M.; ARAÚJO FILHO, J.C. Associations between attributes of Nitisols and the climate of the southern coast of Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, p. 255-263, 2018.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I.; CASTALDO, J. H.; ALVES, E. O. S.; MOTA NETO, L. V.; SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Disponibilidade de nutrientes e fitotoxidez de alumínio: influência da complexação por ligantes na solução do solo. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. especial, p.1-16, 2015.

NOLLA, A.; SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. **Ciência rural**, Santa Maria. v. 37, n. 1, p. 97-101, 2007.

OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, K.L. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília v. 33, n. 2, p. 216-223, 2015.

OLIVEIRA, F. D. A.; MEDEIROS, J. F.; DUARTE, S. N.; SILVA JÚNIOR, M. J.; CAMPELO, M. Calibração de extratores providos de cápsula porosa para monitoramento da salinidade e da concentração de íons. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 520-528, 2011.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.M.; RAMOS, V.C.; PRATA, A.P.N.; LUCAS, A.A.T.; SANTOS, P.B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.19, n.2, p.1308-1324, 2015.

PEREIRA, B. F. F.; GOMES, T. M.; NOGUEIRA, S. F.; MONTES, C. R.; MELFIL, A. J. CÁPSULA POROSA: Interferência na amostra da solução do solo e metodologia de lavagem. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 441-448, 2009.

PÉREZ, D. V. **Avaliação de Parâmetros Críticos para Especificação de Al, Fe e Mn em Solução de Solos sob Diferentes Sistemas de Uso e Manejo**. 2002.193 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002

PÉREZ, D. V.; CAMPOS, R. C. **Solução do solo: importância e extração por centrifugação**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 2003.

PÉREZ, D.L V.; RIGO, M. M; MARQUES, M.C. Fase Líquida: a Solução do Solo. In: Nunes, R.R.; Rezende, M.O.O. **Recurso solo: propriedades e usos**. Ed 1ª. ed. São Carlos: Editora Cubo, 2015.

PINTO, J. R. D. S.; FREITAS, R. M.; LEITE, T. D. S.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; FERREIRA, H.; LEITE, M. D. S. Growth of young *Tabebuia aurea* seedlings under irrigation with wastewater from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 6, p. 519-524, 2016.

PORTELA, E.; ABREU, M. M. Fixação do potássio nos solos portugueses. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 41, n. 3, p. 11-20, 2018.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C. A.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M. V.; SOUZA, E.R.; BARROS, M. F. C. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo usando ferramentas de geoestatística. IN: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. 2.ed Fortaleza, CE: INCTSal, 2016. cap. 8, p. 51-64.

QUEIROZ, S.O.P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.F. Avaliação de equipamentos para determinação da condutividade elétrica do solo. **Irriga**, Botucatu, v.10, n.3, p.279-287, 2005.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. 2.ed. Barueri: Manole, 2012. 524p.

REN, Z. L.; TELLA, M.; BRAVIN, M. N.; COMANS, R. N.; DAI, J.; GARNIER, J. M., Sivry, YANN.; DOELSCH, E.; F, STRAATHOF, A.; BENEDETTI, M. F. Effect of dissolved organic matter composition on metal speciation in soil solutions. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 398, p. 61-69, 2015.

RELUY, F.V.; PAZ BECARES, J. M.; HERNANDEZ, R.Z.; DIAZ, J.S. Desenvolvimento de uma equação para relacionar a condutividade elétrica à salinidade do solo e da água em um ambiente agrícola mediterrâneo. **Soil Research**, Clayton, v. 42, n. 4, p. 381-388, 2004.

RENNERT, T.; MEIBNER, S.; RINKLEBE, J.; TOTSCHKE, K. U. Dissolved inorganic contaminants in a floodplain soil: comparison of in situ soil solutions and laboratory methods. **Water, Air & Soil Pollution**, Dordrecht, v. 209, n. 1-4, p.489-500. 2010.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A. M. **THE use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133 p. (FAO. Irrigation and Drainagem Paper, 48).

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States. Department of Agriculture, 1954. 160p

RITCHIE, G.S.P.; SPOSITO, G. Speciation in Soils. In: URE, A.M.; DAVIDSON, C.M., eds. **Chemical speciation in the environment**. Glasgow, Blackie Academic & Professional, 1995. p. 201-233.

SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 846-854, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C., DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. D.; SANTOS, H. D.; KER, J. C.; ANJOS, L. D. (2013). **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6ª edição. Revista e ampliada. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; METRI, M. C.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. D. C.; PRADO, L. E B.; Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, 2012.

SCHNEIDER, A. R.; PONTHEIU, M.; CANCEÈS, B.; CONREUX, A.; MORVAN X.; GOMMEAUX, M.; MARIN, B.; BENEDET, M F. Influence of dissolved organic matter and manganese oxides on metal speciation in soil solution: A modelling approach. **Environmental Pollution**, Oxon, v. 213, p. 618-627, 2016.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F.F.E.; KLAR, A.E. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.2, p. 230-241, 2015.

SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; PIRES, C. S.; TERRAÇÃO, G. Mobilidade dos íons nitrato e amônio em área agrícola sob adubação com água residuária de bovinocultura de leite e torta de mamona. **Revista Engenharia Na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 200-211, 2017.

SILVA JUNIOR, M. J.; VIANA, P. C.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, J. G.; TARGINO, A. J. Watermelon fertigation with electrical conductivity and ph monitoring in the soil solution. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.4, p.622-630, 2016.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; WONG, J. Liberação de cálcio e magnésio por cápsulas porosas de porcelana usadas na extração de solução do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p. 605-610, 2004

SILVA, T. S. M.; PAZ, V. P. S.; COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, G. S. Condutividade elétrica da solução de solo em função da condutividade elétrica aparente e da umidade do solo sob aplicação de cloreto de potássio com uso da reflectometria no domínio do tempo. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 174-183, 2005.

Silva, Ê. F.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 Agrícola**, Curitiba, v.57, n.4, p.785-789, 2000.

SOMAVILLA, A.; DESSBESELL, A.; SANTOS, D. R, Centrifugation methodology to extract soil solution. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 44-47, 2017.

SONMEZ, S.; BUYUKTAS, D.; OKTUREN, F.; CITAK, S. Assessment of different soil to water ratios (1: 1, 1: 2.5, 1: 5) in soil salinity studies. **Geoderma**, Amsterdam, v. 144, n. 1-2, p. 361-369, 2008.

SOUSA, R.O.S.; VAHL, L.C.; OTERO, X.L. Química dos Solos Alagados. MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. **Química e mineralogia do solo**. Parte II-Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 485-528, 2009.

SOUZA, E. R. D.; MELO, H. F. D.; ALMEIDA, B. G. D.; DE MELO, D. V. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 510-517, 2013.

SPERA, S. T.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P.; KLEIN, V. A. A Solução do solo de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a três tipos de manejo de solo e de culturas. **Nativa**, Cuiabá, v.2, n. 2, p.58-64. 2014 (a).

SPERA, S. T.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P.; KLEIN, V. A. Atividade do alumínio na solução do solo de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido ao manejo do solo e de culturas. **Nativa**, Cuiabá, v. 2, n. 3, p. 131-137, 2014 (b).

VIANA, J. H.M.; TEIXEIRA, W.G.; DONAGEMMA, G. K. DENSIDADE DE PARTICULA IN: TEIXEIRA, P.C. DONAGEMMA, G. K.; FONTANA. A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, cap. 8, 2017. E-Book. ISBN 978-85-7035-771-7

VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; MEDEIROS, J. D. S. Capacidade de suprimento de potássio em doze classes de solos em função de cultivos sucessivos de milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 59, n. 3, p. 219-227, 2016.

VISCONTI, F.; DE PAZ, J.M.; RUBIO, J.L. What information does the electrical conductivity of soil water extracts of 1 to 5 ratio (w/v) provide for soil salinity assessment of agricultural irrigated lands. **Geoderma**, Amsterdam, v.154, p.387–397. 2010.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32 p. 2297-2305, 2008.

WOLT, J. D. **Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture**. New York: Wiley, 1994, 345 p.

APÊNDICE – QUANTIDADE DE SAIS UTILIZADA PARA O PREPARO DAS SOLUÇÕES.

Tabela 1. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Neossolo Regolítico Eutrófico típico, horizonte A.

Reagente	0,504	1,008	2,016	3,024	4,032	5,04
	----- dS m ⁻¹ -----					
Ca(NO₃)₂	0,0170	0,0340	0,0757	0,1062	0,1652	0,2043
KH₂PO₄	0,0159	0,0319	0,0670	0,0994	0,1304	0,1913
NaCl	0,0058	0,0116	0,0244	0,0362	0,0475	0,0697
Mg(SO₄)	0,0017	0,0034	0,0071	0,0105	0,0138	0,0202
Mg(Cl)₂	0,0055	0,0109	0,0230	0,0341	0,0448	0,0657
NaHCO₃	0,0019	0,0039	0,0082	0,0121	0,0159	0,0233

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio.

Tabela 2. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Neossolo Regolítico Eutrófico típico, horizonte C.

Reagente	0,550	1,100	1,650	2,750	3,850	4,950
	----- dS m ⁻¹ -----					
Ca(NO₃)₂	0,0168	0,0323	0,0551	0,0941	0,1381	0,1766
KH₂PO₄	0,0187	0,0359	0,0613	0,1047	0,1537	0,1964
NaCl	0,0077	0,0147	0,0251	0,0429	0,0630	0,0805
Mg(SO₄)	0,0023	0,0044	0,0075	0,0127	0,0187	0,0239
Mg(Cl)₂	0,0050	0,0095	0,0162	0,0277	0,0407	0,0520
NaHCO₃	0,0007	0,0013	0,0022	0,0037	0,0054	0,0070

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio.

Tabela 3. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico, horizonte A.

Reagente	0,160	0,960	1,280	2,240	3,360	4,480
	----- dS m ⁻¹ -----					
Ca(NO₃)₂	0,0074	0,0485	0,0649	0,1481	0,2042	0,2866
KH₂PO₄	0,0007	0,0049	0,0065	0,0149	0,0206	0,0289
NaCl	0,0010	0,0062	0,0084	0,0191	0,0263	0,0369
Mg(SO₄)	0,0004	0,0024	0,0033	0,0074	0,0103	0,0144
Mg(Cl)₂	0,0024	0,0156	0,0209	0,0478	0,0659	0,0924
NaHCO₃	0,0003	0,0022	0,0030	0,0067	0,0093	0,0130

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio.

Tabela 4. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico, horizonte Cg.

Reagente	0,306	1,530	2,142	3,060	4,590	6,120
	----- dS m ⁻¹ -----					
Ca(NO₃)₂	0,0090	0,0620	0,0939	0,1861	0,1937	0,3107
KH₂PO₄	0,0033	0,0230	0,0349	0,0691	0,0719	0,1154
NaCl	0,0027	0,0186	0,0282	0,0558	0,0581	0,0932
Mg(SO₄)	0,0012	0,0086	0,0130	0,0257	0,0267	0,0429
Mg(Cl)₂	0,0030	0,0204	0,0308	0,0611	0,0636	0,1021
NaHCO₃	0,0001	0,0009	0,0013	0,0027	0,0028	0,0044

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio.

Tabela 5. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Luvisolo Háplico Órtico típico, horizonte A.

Reagente	1,009	2,018	3,027	4,036	5,045	6,054
	----- dS m ⁻¹ -----					
Ca(NO₃)₂	0,0332	0,0696	0,1059	0,1456	0,1900	0,2298
KH₂PO₄	0,0151	0,0316	0,0481	0,0662	0,0864	0,1045
NaCl	0,0133	0,0279	0,0425	0,0584	0,0762	0,0922
Mg(SO₄)	0,0083	0,0174	0,0265	0,0364	0,0475	0,0574
Mg(Cl)₂	0,0197	0,0413	0,0629	0,0865	0,1129	0,1365
NaHCO₃	0,0058	0,0122	0,0186	0,0256	0,0334	0,0404

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio.

Tabela 6. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Luvisolo Háplico Órtico típico, horizonte Bt.

Reagente	1,808	3,617	5,425	7,234	10,851	12,660
	----- dS m ⁻¹ -----					
Ca(NO₃)₂	0,0980	0,2185	0,3390	0,4594	0,7003	0,8208
KH₂PO₄	0,0042	0,0093	0,0145	0,0196	0,0299	0,0351
NaCl	0,0135	0,0302	0,0468	0,0635	0,0967	0,1134
Mg(SO₄)	0,0032	0,0072	0,0112	0,0152	0,0232	0,0272
Mg(Cl)₂	0,0396	0,0883	0,1370	0,1857	0,2830	0,3317
NaHCO₃	0,0006	0,0014	0,0022	0,0030	0,0046	0,0054

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio.

Tabela 7. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Nitossolo Háplico Distrófico típico, horizonte A.

Reagente	1,009	2,018	4,036	6,054	8,072	10,090
	----- dS m ⁻¹ -----					
CaCl₂	0,0311	0,0700	0,1444	0,2435	0,3654	0,5543
KH₂PO₄	0,0095	0,0214	0,0442	0,0745	0,1119	0,1697
NaCl	0,0045	0,0101	0,0208	0,0351	0,0527	0,0799
Mg(SO₄)	0,0022	0,0049	0,0101	0,0171	0,0256	0,0389
Mg(Cl)₂	0,0078	0,0177	0,0364	0,0614	0,0921	0,1398
NaHCO₃	0,0310	0,0698	0,1438	0,2426	0,3640	0,5523
Ca(NO₃)₂	0,0063	0,0141	0,0292	0,0493	0,0739	0,1122

** CaCl₂: Cloreto de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio; Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio.

Tabela 8. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Nitossolo Háplico Distrófico típico, horizonte Bt.

Reagente	0,5946	1,4865	2,973	5,946	8,919	11,892
	----- dS m ⁻¹ -----					
CaCl₂	0,0052	0,0165	0,0357	0,0701	0,1213	0,1922
NaCl	0,0033	0,0103	0,0224	0,0439	0,0759	0,1203
KCl	0,0006	0,0019	0,0041	0,0080	0,0138	0,0219
K₂SO₄	0,0066	0,0210	0,0455	0,0893	0,1546	0,2449
KH₂PO₄	0,0230	0,0727	0,1579	0,3099	0,5361	0,8496
NaHCO₃	0,0015	0,0047	0,0102	0,0200	0,0347	0,0549
Ca(NO₃)₂	0,0062	0,0197	0,0428	0,0841	0,1455	0,2306
Mg(SO₄)	0,0046	0,0145	0,0314	0,0617	0,1067	0,1691

** CaCl₂: Cloreto de cálcio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio; NaHCO₃: Carbonato de sódio; Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio.

Tabela 9. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico, horizonte A

Reagentes	0,476	1,904	3,808	5,712	7,616	9,044
	----- dS m ⁻¹ -----					
Ca(NO₃)₂	0,0131	0,0597	0,1320	0,2000	0,3046	0,3915
NaCl	0,0072	0,0325	0,0720	0,1091	0,1662	0,2136
MgCl₂	0,0088	0,0399	0,0883	0,1338	0,2037	0,2619
KH₂PO₄	0,0047	0,0213	0,0471	0,0714	0,1088	0,1398
Mg(SO₄)	0,0026	0,0120	0,0266	0,0403	0,0613	0,0788

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio.

Tabela 10. Quantidade de sais em gramas para 1 litro de solução salina, referente aos valores de CE (condutividade elétrica) para montagem do experimento do Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico, horizonte Bw.

Reagente	0,232	0,928	2,320	4,640	6,960	9,280
Ca(NO₃)₂	0,0107	0,0393	0,1562	0,2695	0,4821	0,6979
NaCl	0,0017	0,0063	0,0251	0,0433	0,0797	0,1123
MgCl₂	0,0047	0,0172	0,0685	0,1181	0,2172	0,3060
KH₂PO₄	0,0006	0,0022	0,0088	0,0152	0,0280	0,0394
Mg(SO₄)	0,0026	0,0097	0,0384	0,0662	0,1216	0,1713

**Ca(NO₃)₂: Nitrato de cálcio; NaCl: Cloreto de potássio; Mg(SO₄): Sulfato de magnésio; KH₂PO₄: Fosfato de potássio; Mg(Cl)₂: Cloreto de magnésio.