COINTER PDVAgro 2021

VI CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 01 a 03 de dezembro

ISSN:2526-7701 | PREFIXO DOI:10.31692/2526-7701

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA LEVANTAMENTO E ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE PROTOTIPO DE LOW COST PARA EL ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE TIERRA

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF LOW-COST PROTOTYPE FOR SURVEY AND ANALYSIS OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE GROUND

Apresentação: Comunicação Oral

Walter Pratis Freire Declewa¹; Grazieli Suzek²; Wesley Tessaro Andrade³; Mauro de Lima⁴; Matheus Katriel dos Santos Araújo⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VICOINTERPDVAgro.0076>

RESUMO

As áreas agrícolas apresentam uma variação nos atributos do solo, até mesmo quando estamos falando de pequenos ares. Com a ação temporal e mudanças que ocorrem no ambiente, essa variação fica em constante mudança, o que dificulta encontrar o manejo ideal para a cultura escolhida. A CEa (condutividade elétrica aparente) do solo tem demonstrado ser uma ferramenta que auxilia na identificação dessa variação do mesmo, o que ajuda tomar melhores decisões de manejo, como na correção de acidez e de fertilidade do solo. Neste contexto o presente trabalho teve por objetivo a validação de um protótipo de baixo custo para o levantamento da condutividade elétrica aparente do solo, com a condução de análises realizadas em dois anos de produção da cultura de maracujazeiro. O

¹ Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do Sul
walter.declewa@estudante.ifms.edu.br

² Professora Doutora em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do Sul, grazieli.suszek@ifms.edu.br

³ Professor Mestre em Ciência da Computação, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do Sul, wesley.andrade@ifms.edu.br

⁴ Professor Especialista em Educação Profissional e tecnológica, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do Sul, mauro.lima@ifms.edu.br

⁵ Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do Sul
matheus.araujo@novaandradina.org

experimento foi conduzido no campus de Nova Andradina do Instituto Federal do Mato Grosso do Sul. Foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa um protótipo de baixo custo para mensuração da CEa do solo, baseado em placa Arduino sensores e hastes de aço galvanizado para testagem em campo á 9 distâncias de hastes diferentes (2,6,10,14,20,25,30,40 e 60cm) com uso de espaçador de madeira. Para isso foi escolhida uma área com cultivo de Maracujazeiro da variedade Akemi, que foram cedidas pela APTA (Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) com espaçamento de 3x5m, tendo um total de 72 mudas, onde foram definidos 24 pontos de amostragem. Em cada ponto amostral foi feita análises química do solo assim como a mensuração de CEa e umidade nos anos de 2020 e 2021. O primeiro ano de experimento realizado (2020) apresentou uma maior correlação com os atributos do solo em comparação com o segundo ano de análise (2021), o que corre devido a alterações nas bases trocáveis presentes na superfície do solo. Também foi possível verificar que a distância de 2 cm entre as hastes, apresentou uma melhor correlação com as propriedades químicas e com a umidade do solo, mostrando ser a melhor distancia a ser utilizada nas análises a campo. Sendo assim o aparelho se mostrou capaz de mensurar a condutividade aparente do solo, já que em ambos os anos ele obteve resultados de correlação parecidos com outros autores que utilizavam do equipamento comercial.

Palavras-Chave: Correlação, Variabilidade do solo, CEa, Manejo adequado

RESUMEN

Las áreas agrícolas presentan una variación en los atributos del suelo, incluso cuando hablamos de áreas pequeñas. Con la acción temporal y los cambios que ocurren en el medio, esta variación cambia constantemente, lo que dificulta encontrar el manejo ideal para el cultivo elegido. Se ha demostrado que la ECa (conductividad eléctrica aparente) del suelo es una herramienta que ayuda a no identificar esta variación en el suelo, lo que ayuda a tomar mejores decisiones de manejo, como en la corrección de la acidez y fertilidad del suelo. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo validar un prototipo de bajo costo para el levantamiento de la conductividad eléctrica aparente del suelo, con la realización de análisis realizados en dos años de producción del cultivo de maracuyá. El experimento se llevó a cabo en el campus de Nova Andradina del Instituto Federal de Mato Grosso do Sul. El grupo de investigación desarrolló un prototipo de bajo costo para medir la ECa del suelo, basado en placa de sensores Arduino y varillas de acero galvanizado para pruebas de campo. . á 9 distancias de varilla diferentes (2,6,10,14,20,25,30,40 y 60cm) utilizando un espaciador de madera. Para ello, se eligió un área con el cultivo de Maracuyá de la variedad Akemi, los cuales fueron provistos por la APTA (Agencia São Paulo de Tecnología Agroindustrial) con un espaciamiento de 3x5m, con un total de 72 plántulas, donde se ubicaron 24 puntos de muestreo. definido. En cada punto de muestreo se realizó el análisis químico del suelo, así como la medición de ECa y humedad en los años 2020 y 2021. analizar (2021), que ocurre por cambios en las bases intercambiables presentes en la superficie del suelo. También se pudo verificar que la distancia de 2 cm entre los tallos presentó una mejor correlación con las propiedades químicas y con la humedad del suelo, mostrando ser la mejor distancia para ser utilizada en los análisis de campo. Así, el dispositivo demostró ser capaz de medir la conductividad aparente del suelo, ya que en ambos años obtuvo resultados de correlación similares a los de otros autores que utilizaron equipos comerciales.

Palabras Clave: Correlación, variabilidad del suelo, CEa, manejo adecuado

ABSTRACT

Agricultural areas present a variation in soil attributes, even when we are talking about small areas. With the temporal action and changes that occur in the environment, this variation is constantly changing, the difficulty of finding the ideal management for a chosen crop. The ECa (apparent electrical conductivity)

of the soil has become a tool that helps not to identify this variation in the soil, which helps to make better management decisions, such as the correction of acidity and soil fertility. In this context, the present work aimed to validate a low-cost prototype for the survey of the apparent electrical conductivity of the soil, with the conduction of analyzes carried out in two years of production of the passion fruit crop. The experiment was conducted on the Nova Andradina campus of the Federal Institute of Mato Grosso do Sul. The research group developed a low-cost prototype for measuring soil ECa, based on Arduino sensors plate and galvanized steel rods for field testing. á 9 different rod distances (2,6,10,14,20,25, 30,40 and 60cm) using a wooden spacer. For this, an area was chosen with the cultivation of Passionfruit of the Akemi variety, which were provided by APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agribusiness) with a spacing of 3x5m, with a total of 72 seedlings, where 24 sampling points were defined. At each sampling point, soil chemical analysis was performed, as well as the measurement of ECa and moisture in the years 2020 and 2021. analyze (2021), which corrects changes in exchangeable bases present on the soil surface. It was also possible to verify that the distance of 2 cm between the accelerations presented a better correlation with the incorporated properties and with the soil moisture, showing the best distance and use in the field analysis. Thus, the device proved capable of measuring the apparent conductivity of the soil, since in both years it obtained correlation results similar to those of other authors who used commercial equipment.

Keywords: Correlation, Soil variability, CEa, Proper management

INTRODUÇÃO

A *Passiflora alata* Curtis é uma frutífera oriunda da região da América do Sul, e está presente na família das Passifloráceas, no gênero *Passiflora*, o cultivo dessa espécie tem ampla distribuição geográfica, e que está em constante expansão, possuindo um fruto (maracujá) que pode ser consumido in natura ou destinado as agroindústrias (CÂNDIDO & SAMPAIO, 2018).

O Brasil é o líder mundial na produção dessa fruta, com uma produção de aproximadamente 1 milhão de toneladas, possuindo uma média considerada baixa com um valor de 14 t/ha/ano, já que existem produtores dessa cultivar com produtividades acima de 50 t/ha/ano, que obtiveram esse resultado através da adoção de técnicas e tecnologias, como cultivares melhoradas geneticamente, correção da acidez e fertilidade do solo, podas de formação, adubações, polinização manual, irrigação ou fertirrigação e controle fitossanitário (FALEIRO et al., 2016).

As propriedades que são utilizadas nos cultivos produtores, não são uniformes em relação a característica físico química do solo e relevo, assim num mesmo campo existirão variações desses atributos, o que podem resultar em uma demanda de diferentes tratamentos (MOLIN et al., 2015). Conforme destacam Souza et al. (2004), além do pH do solo, as propriedades químicas mostram mudanças maiores do que as propriedades físicas.

Com isso torna-se útil o entendimento da variabilidade do solo juntamente com seus atributos, para obter assim a melhor técnica de manejo e as necessidades das cultivares presentes tanto em pequenas ou grandes ares. Sendo assim, a busca por essas técnicas que possam mostrar

ao produtor a variação dos elementos físicos e químicos presentes na sua terra é indispensável, afim de adquirir uma melhor produção, de forma mais eficiente com a adoção das técnicas de manejos adequadas (BERNARDI et al., 2014).

Em suas pesquisas realizadas em 2014 por Rabello e Bernardi, conseguiram mostrar a importância e o quanto se torna mais fácil a vida do produtor quando a CEa (Condutividade Elétrica Aparente) do solo, é utilizada como uma alternativa para medir a variabilidade espacial do mesmo, conseguindo através desse material obter na área as unidades de gerenciamento. A CEa, em estudos realizados sobre a correlação da mesma com os atributos físicos e químicos do solo, foi possível identificar uma ligação entre ela e atributos como a textura argila, Capacidade de troca de cátions (CTC), fosforo (P), Matéria Orgânica, Hidrogênio (H) + Alumínio (Al), Cobre (Cu) e Calcio (Ca) (SANCHES et al., 2015). Outros elementos como o Potássio (K), magnésio (Mg), potencial hidrogênico (pH), saturação por bases (V%) e a umidade do solo, tiveram uma correlação positiva (CASTRO, 2004).

Neste contexto o presente trabalho teve por objetivo a validação de um protótipo de baixo custo para o levantamento da condutividade elétrica aparente do solo, com a condução de análises realizadas em dois anos de produção da cultura de maracujazeiro.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O cultivo de maracujazeiro está em constante crescimento no país, e tem proporcionado um ligeiro retorno econômico aos produtores que se dedicam ao cultivo dessa frutífera, trazendo ao uma boa renda (MELETTI, 2011).

As frutíferas atualmente ocuparem um lugar de destaque no em áreas cultivadas no Brasil, seu rendimento de produção está bem abaixo do que se pode alcançar quando se compara com países que tem tradição na produção da mesma. Como dado o exemplo do maracujazeiro que tem sua mediamédia de produção muito baixa (14 t/ha/ano), enquanto produtores alcançam uma produção quase 4 vezes maior (50 t/ha/ano) (FALEIRO et al., 2016). Entre diversos fatores que colaboram para esse cenário, está o manejo inadequado do solo, da cultura e do ambiente (NATALE et al., 2012).

A busca de práticas agrícolas que possam maximizar a produção, nas áreas de cultivo, se torna cada vez mais necessária. Uma das práticas com destaque no atual momento está a agricultura de precisão que utiliza da variabilidade espacial e temporal das áreas agrícolas para o desenvolvimento de técnicas mais adequadas (BERNARDI et al., 2014).

A condutividade elétrica aparente do solo é a capacidade que o solo tem de conduzir a uma corrente elétrica através de sua solução, sendo partículas sólidas e cátions trocáveis que se encontram no mesmo. Sendo assim a CEa está ligada a textura, a CTC, a água, os sais presentes e a acidez do solo, sendo utilizado para a verificação de equipamentos usados para medição da CEa (CORASSA et al., 2016).

Utilizando da mensuração da condutividade aparente do solo (Cea), para a identificação das características físico químicas do solo, através da correlação entre tal e os atributos do solo. Se torna possível a visualização da variação dessas propriedades do solo, que influenciam no rendimento da cultura (SANA et al., 2014).

Com a correlação de Pearson é possível indicar a ligação entre os atributos analisados, sendo verificado através de valores que vão de -1 e 1, onde o sinal demonstra se a correlação é positiva ou negativa, e o valor numérico indica a intensidade, sendo que o valor quanto mais próximo de 1 mais forte é a ligação entre os atributos. Já quando o valor for zero não há ligação entre os atributos, sendo ortogonais (PARANHOS et al., 2014).

METODOLOGIA

O experimento de cunho quantitativo foi conduzido no campus de Nova Andradina do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, localizado na Fazenda Santa Bárbara, no Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1), centrada a 20°04'47,98" S e a 53°57'16,46" W, com uma altura em correlação ao nível do mar de 357 m. Uma área de clima classificado como tropical, subtropical úmido e mesotérmico, tendo pluviosidade superiores a 1100 mm anuais, onde seu solo possui 87,44% de areia 1,26% de silte e 11,3% de argila (SANTOS et al., 2018).

Figura 1: Localização do experimento em Nova Andradina/MS.

Fonte: Própria (2020)

A área de experimental era composta por 72 mudas de maracujazeiro amarelo da variedade Akemi cedidas pela APTA (Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), onde foram plantadas com espaçamento de 3 metros entre linha e 5 metros entre plantas. O delineamento utilizado no experimento foi o de blocos casualizados, de manejo único onde foi feita uma única lâmina de irrigação de 1,89 mm/dia. O sistema utilizado de cultivo era de secamento parcial do sistema radicular, por isso foi empregado a irrigação localizada por gotejamento, com alternância dos lados irrigados. Com a figura 2 a seguir é mensurável o contorno da área experimental e como foram distribuídas as linhas de plantas.

Figura 2: Croqui da área experimental com suas distribuições de linhas de plantio das mudas, no IFMS campus Nova Andradina.

Fonte: Própria (2020)

De acordo com a distribuição das plantas, foi planejado e elaborado um grid regular, que obtinha as dimensões da área de amostragem que continha 3 x 15 m, onde foram escolhidas 24 unidades amostrais (Figura 3). Essas unidades de amostragem são determinadas com auxílio de placas numéricas, e georreferenciadas que foram obtidas com o equipamento GPs 76CSx da Garmin.

Figura 3: Croqui da área experimental com a demarcação dos pontos amostrais.

Fonte: Própria (2020).

Com a utilização do croqui e a identificação dos pontos amostrais, foi dado início a coleta de amostras compostas em cada ponto amostral. A amostragem composta consiste em uma coleta de subamostras ao entorno de cada ponto amostral, a fim de obter uma maior quantidade de solo e com uma cobertura maior do local. No experimento foram coletadas 8 subamostras por ponto amostral. A coleta foi realizada com o trado manual de rosca (Figura 4 e 5), a uma profundidade de 0-20 cm, como descrito por Matias et al. (2019). Após a retirada do solo, as embalagens contendo o mesmo eram identificadas de acordo com cada ponto amostral e destinadas ao laboratório para análises químicas. (Figura 3).

Figura 4: Coleta das sub-amostras de solo utilizando trado de rosca.

Fonte: Própria (2020).

Com a busca de um baixo custo para a mensuração da condutividade elétrica do solo em questão, foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa um aparelho contendo uma placa microcontrolador Arduino Mega 2560, uma tela de LCD onde foi visualizado os dados. A placa controladora acoplada juntamente com o sensor BME 280 que obtém a função de mensurar informações do ambiente como umidade relativa, temperatura e pressão. A mesma placa controladora também possui ligada a ela um sensor de umidade do solo (Higrômetro) que

auxilia na obtenção dos dados de umidade superficial do solo. Além é claro de possuir duas hastes de aço galvanizado de 8 mm de espessura e 30 cm de comprimento, ligadas a placa microcontrolador por um cabo de eletricidade, responsável por fazer a transmissão de eletricidade da placa com os eletrodos (Haste). Para a mensuração da CEa o aparelho possui duas hastes de aço galvanizado, contendo 8 mm de espessura e 30 cm de comprimento, que são ligadas diretamente ao microcontrolador através de um cabo de eletricidade, para que posso haver a transmissão elétrica da placa até as hastes. A análise da CEa foi feita em todos os 24 pontos amostrais como visto na figura 3.

Figura 5: Protótipo de baixo custo para levantamento da condutividade elétrica aparente no solo.
Fonte: Próprio autor

Fonte: Própria (2020).

Figura 6: Realização da análise de condutividade elétrica aparente no solo.
Fonte: Próprio autor

Fonte: Própria (2020).

Nas figuras 4, é possível a visualização do aparelho utilizado para mensuração da CEa, tendo como processo, a inserção das hastes no solo, posicionadas geometricamente alinhadas.

Através de pulsos eletromagnéticos pelo solo, de uma haste a outra, é realizada a medição do teor de água do e a condutividade elétrica aparente (CEa) do mesmo (TOMMASELLI & BACCHI, 2001). Onde nesse experimento as leituras de CEa e U% (teor de água no solo), foram realizadas em distancias diferentes, sendo de 2, 6, 10, 14, 20, 25, 30, 40 e 60cm, presentes em uma régua de madeira como visto na figura 5, tendo o intuito de identificar a que melhor se encaixa para realização das análises.

Juntamente com a análise da condutividade elétrica, foi coletada amostras de solo a uma profundidade de 0-20 cm, com o trado de rosca, essas amostras foram embaladas em papel alumínio com abertura para entrada e saída de ar e umidade, e levadas de imediato ao laboratório enquanto frescas para pesagem. Após a pesagem das amostras frescas, as mesmas foram colocadas em secagem na estufa a 105°C por 48 horas. Esses procedimentos foram realizados no laboratório de solos do campus, afim de ser obtido a umidade presente em cada ponto com a utilização do método gravimétrico (SANTOS et al., 2018).

Para a análise da estatística descritiva do trabalho, foi utilizado o software Minitab 18®, onde serão geradas as medidas descritivas como a Média, Moda, Mediana, as medidas de dispersão e de distribuição como o desvio padrão e o coeficiente de variação, assim como também foi realizada a análise de correlação de Pearson e Spearman e os testes de normalidade de Anderson Darling (ORTIZ & TOSCANO, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 fornece estatísticas descritivas das propriedades químicas do solo, como a condutividade aparente, umidade do solo, saturação de bases e potencial hidrogênio. Nas tabelas é possível ver a comparação de cada ano desses dados, e verificar que todos os dados sofreram mudanças, mas a CEa.

Tabela 1: Dados estatísticos dos atributos do solo CEa, U%, V% e pH, de cada ano de cultivo do maracujazeiro (2020 e 2021).

Variáveis	Ano	Média	CV%	DP	Assimetria	Mínimo	Mediana	Máximo	Normal
C.E.a	2020	11,1	69,14	7,68	1,5	3,46	8,94	33,93	Sim
	2021	9,56	37,26	3,56	0,65	9,13	10,88	17,14	Sim
U%	2020	8,76	35,81	3,14	-0,19	3,17	8,94	14,01	Sim
	2021	10,14	24,27	2,46	-0,5	9,13	10,55	15,49	Sim
V%	2020	56,89	15,74	8,95	-0,93	34,51	58,54	71,2	Sim
	2021	46,22	18,48	8,54	-0,64	24,86	46,51	58,98	Sim

pH	2020	5,6	4,11	0,23	-0,4	5,2	5,65	5,9	Sim
	2021	5,7	5,59	0,31	-0,36	4,9	5,7	6,2	Sim

Desvio P. = desvio padrão; C.V% = coeficiente de variação; pH = potencial hidrogênio; V% = saturação de bases; C.E.a = condutividade elétrica aparente mS m^{-1} ; U% = umidade. Obs: teste de normalidade realizado a 5% de significância.

Fonte: Própria (2020).

Foi realizado teste de normalidade de Kolmogorov Smirnov (5% de significância) de cada atributo, afim de verificação da distribuição encontrada dos dados, está bem modelada ou de forma normal ou não. Como os testes estatísticos que são empregados como modelos t de Student, ANOVA, coeficiente de Pearson, a regressão linear, análises de discrepância, utilizam de dados pressupostos de distribuição normal. Com isso se torna primordial a realização desse teste (MIOT, 2017).

Dalchiavon et al. (2012) em seu trabalho verificou que a variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a magnitude de seu coeficiente de variação (CV) como baixo ($\text{CV} < 10\%$), médio ($10\% < \text{CV} < 20\%$), alto ($20\% < \text{CV} < 30\%$) e muito alto ($\text{CV} > 30\%$).

Utilizando os estudos de Dalchiavon para verificação do coeficiente de variação e com isso analisar a heterocedasticidade nos dados, característica dada aos elementos que possuem C.V alto. Pela Tabela 1 observa-se que no ano de 2020, o CV pode ser considerado baixo para o pH, médio para o V% médio e muito alto para U% e CEa, enquanto no ano de 2021, pH apresentou-se baixo, V% médio, U% alto e CEa muito alto, provando que os dados possuem heterocedasticidade. Nos estudos de Corassa et al. (2015), Bottega et al. (2015) apresentaram resultados análogos. Esse resultado tende a ocorrer por conta da variação dos fatores de formação, que são, material de origem, relevo, clima, organismos e tempo, podendo ser citado também a influência do homem no local, juntamente com seus manejos, como as adubações, calagem, entre outras... (CARVALHO et al., 2003).

Em ambos os anos o comportamento da condutividade aparente do solo apresentou semelhança na área, resultado também encontrado por Machado et al. (2004) em área de plantio direto. Esse comportamento da CEa pode estar relacionado a camada superficial, na qual foram realizadas as análises que acaba sofrendo muitas modificações com a adição de fertilizantes o que altera suas características físico químicas, além é claro do uso de ferramentas mecanizadas para capina que acabam revolvendo muitas vezes esse solo (BRANDÃO et al., 2011).

Ao observar a tabela 2, é verificado os resultados da correlação de Pearson entre a CEa, umidade e propriedade químicas do solo. Quando há ocorrência de correlação perfeita, significa que é possível saber o valor aproximado de um atributo através da obtenção de outro, em um ponto oposto. Já a correlação de valor 0 mostra que não existe nenhuma relação entre as

variáveis, não havendo a possibilidade de ligar os dados de ambos (PARANHOS et al., 2014). Para explicar a análise do coeficiente de correlação, foram utilizadas a proposta por Vitali et al. (2006).

Tabela 2: Comparação entre dados de correlação de Pearson entre dois anos consecutivos, com destaques na correlação de Condutividade elétrica aparente (CEa) e Umidade com os demais atributos.

Anos					
2020			2021		
Variáveis	CEa	U%	Variáveis	CEa	U%
U%	<u>0,54</u>	-----	U%	0,20	-----
pH	0,28	0,01	pH	<u>0,50</u>	0,24
P	0,26	<u>0,43</u>	P	-0,12	0,03
K	-0,02	-0,01	K	0,23	-0,02
Ca	<u>0,44</u>	<u>0,40</u>	Ca	0,21	<u>0,06</u>
Mg	<u>0,47</u>	<u>0,32</u>	Mg	<u>0,35</u>	0,15
H+Al	-0,14	0,13	H+Al	<u>-0,37</u>	0,04
SB	<u>0,49</u>	<u>0,41</u>	SB	0,27	<u>0,09</u>
CTC	0,28	<u>0,46</u>	CTC	-0,07	0,14
V%	<u>0,37</u>	0,19	V%	<u>0,37</u>	0,05
M.O.	0,08	-0,01	M.O.	<u>-0,02</u>	<u>0,06</u>
Cu	<u>0,48</u>	<u>0,48</u>	Cu	-0,16	0,03
Fe	-0,06	-0,15	Fe	<u>-0,35</u>	-0,10
Mn	<u>0,42</u>	0,12	Mn	-0,006	-0,26
Zn	<u>0,54</u>	<u>0,37</u>	Zn	-0,04	-0,02

Quando $\geq 0,60$ ou $r \geq -0,60$ (Correlação Forte - Em negrito); $0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$ (Correlação Moderada - Em itálico e sublinhado); $-0,30 < r < 0,30$ (Correlação Fraca - Fonte normal) (Dancey e Reidy, 2006). U% = umidade; V% = saturação de bases; CTC= capacidade de troca de cátions; Zn= zinco; Mn= manganês; Fe= ferro; Cu= cobre; P= fosforo; K= potássio; S.B= saturação de bases; H+Al= hidrogênio + alumínio; Mg= magnésio; Ca= cálcio; pH= potencial hidrogênico.

Fonte: Própria (2020).

Através da tabela 2 é possível verificar que no ano de 2020 houve um maior número de atributos correlacionados com a condutividade elétrica aparente, tendo uma correlação moderada (valores que se encontram entre $0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$), entre os atributos Ca, Mg, SB, V%, Cu e Mn, enquanto no ano seguinte se obteve correlação moderada nos atributos como pH, Mg, Fe, V% e H+Al. Segundo os estudos realizados por Brandão et al. (2011) e por Corassa et al. (2016) essa variação está relacionada com a interação entre a CEa e os íons do solo, os quais tendem a aumentar conforme há um crescimento nas bases trocáveis do mesmo. Como a quantidade de bases trocáveis do solo varia muito de um ano para outro, isso mostra o por que houve menos correlação em alguns atributos entre os anos.

Já a umidade do solo apresentou comportamento diferente nos anos, em correlação com a condutividade elétrica aparente, onde em 2020 se obteve uma correlação moderada entre os atributos ($r = 0,54$), o que não ocorreu em 2021 ($r = 0,20$), não havendo correlação entre a CEa

e a umidade. Mas em trabalhos pesquisados como os realizados por Molin et al. (2015) e Rabello et al. (2014), foi possível verificar que há correlação entre tais atributos. Essa interação é verificada devido aos baixos teores de umidade no solo, trazem uma maior resistência elétrica, e consequentemente menor condutividade elétrica (OLDONI et al., 2015).

Analizando as distâncias entre as hastes para determinação da CE, através do uso do protótipo de baixo custo, verificou-se que pelo Teste de comparação de médias proposto por Tukey a 5% de significância, não foram observadas diferenças significativas nas distâncias analisadas, também não foram observadas diferenças significativas nos anos avaliados, mostrando confiança no levantamento apresentado. Também foi possível observar que conforme aumentou-se a distância os valores de condutividade elétrica foram diminuindo, como era esperado.

Tabela 3: Teste de Comparação de médias das distâncias entre hastes do protótipo de verificação da Condutividade elétrica aparente (CEa) do solo, para os dois anos (2020 e 2021) analisados

Distância	CE (mS m ⁻¹)	
	2020	2021
2	14,21 aA	22,33 aA
6	13,67 aA	14,89 aA
10	12,35 aA	12,66 aA
14	11,41 aA	11,60 aA
20	12,68 aA	10,44 aA
25	11,90 aA	10,79 aA
30	10,43 aA	10,20 aA
40	9,09 aA	10,52 aA
60	8,14 aA	9,31 aA

Nas colunas, médias seguidas por pelo menos uma letra minúscula igual não difere estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$); nas linhas, médias seguidas por pelo menos uma letra maiúscula igual não difere estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: Própria (2020).

O gráfico box-plot apresentado na Figura 6, mostra visualmente que os dados apresentam uma tendência de redução da CE conforme aumenta-se a distância entre as hastes do medidor, a distância de 2 centímetros foi a que apresentou maiores valores em comparação as outras distâncias porém foi a que visualmente apresentou maior dispersão em relação à média, as distâncias de 10,20,25 e 40 apresentam melhor simetria em relação à média, sendo o de 40 cm o que apresenta menor dispersão em relação à média dos dados analisados visualmente.

Figura 7: Gráfico box-plot para comparação entre as distâncias de hastes utilizadas para coleta de dados de condutividade elétrica aparente no solo com protótipo de baixo custo.

Fonte: Própria (2020).

Observando a distribuição dos dados (Figura 7) através do teste de Anderson Darling a 5% de significância, verifica-se que somente as distâncias 2, 10, 25, 30 e 40 apresentam características de normalidade, confirmado pelo p-valor apresentado também no gráfico e, portanto, têm distribuição normal.

Figura 8: Gráfico de probabilidade Normal a 5% de significância dos dados de distancias de hastes utilizadas para coleta de dados de condutividade elétrica aparente no solo com protótipo de baixo custo.

Fonte: Própria (2020).

De acordo com as análises de correlação de Spearman e Pearson (Tabela 4 e 5) a 95% de probabilidade, verificou-se que a distância de 2cm, apresentou melhores correlações com as propriedades químicas do solo e umidade para os dois anos avaliados, se mostrando a melhor distância para análises em campo.

Tabela 4: Análise de Correlação de Spearman entre as distancias de hastes utilizadas para coleta de dados de condutividade elétrica aparente no solo com protótipo de baixo custo e as variáveis analisadas do solo nos dois anos 2020 e 2021.

Variáveis	distâncias								
	2	6	10	14	20	25	30	40	60
U%	0,30	0,34	0,30	0,34	0,24	0,24	0,25	0,43	0,40
pH CaCl ₂	0,08	-0,02	0,01	-0,03	0,06	0,17	0,26	0,18	0,03
P (mg dm ³)	-0,43	-0,15	-0,30	-0,22	-0,02	-0,10	-0,14	-0,30	-0,22
K (mg dm ³)	-0,46	-0,17	-0,17	-0,18	0,00	0,02	0,08	-0,04	0,03
Ca (cmolc dm ³)	-0,46	-0,04	-0,06	-0,09	0,14	0,09	0,04	-0,10	-0,09
Mg (cmolc dm ³)	-0,24	-0,06	-0,10	-0,04	0,12	0,14	0,16	0,15	0,10
H + Al	0,27	0,03	-0,07	-0,03	-0,15	-0,16	-0,17	-0,02	0,11
CTC pH 7 (T)	-0,33	-0,07	-0,16	-0,11	0,04	-0,02	-0,06	-0,06	0,03
CTC efetiva (t)	-0,43	-0,06	-0,09	-0,11	0,11	0,09	0,06	-0,05	-0,04
V%	-0,43	-0,08	-0,02	-0,06	0,13	0,10	0,11	-0,04	-0,07
M.O. (g dm ³)	0,15	0,07	-0,11	-0,14	-0,10	-0,05	0,06	0,15	0,24
C.O. (g dm ³)	0,15	0,07	-0,11	-0,14	-0,10	-0,05	0,06	0,15	0,24
Cu (g kg)	0,47	0,00	-0,02	0,02	-0,16	-0,07	-0,04	0,24	0,19
Fe (g kg)	-0,01	-0,02	0,16	0,19	0,18	0,06	0,01	-0,03	0,03
Mn (g kg)	-0,22	0,09	0,06	0,05	0,28	0,24	0,16	0,09	0,09
Zn (g kg)	-0,57	-0,10	-0,13	-0,18	0,05	-0,02	-0,12	-0,24	-0,24

Quando $\geq 0,60$ ou $r \geq -0,60$ (Correlação Forte - Em negrito); $0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$ (Correlação Moderada - Em itálico e sublinhado); $-0,30 < r < 0,30$ (Correlação Fraca - Fonte normal) (Dancey e Reidy, 2006). U% = umidade; V% = saturação de bases; CTC= capacidade de troca de cátions; Zn= zinco; Mn= manganês; Fe= ferro; Cu= cobre; P= fosforo; K= potássio; S.B= saturação de bases; H+Al= hidrogênio + alumínio; Mg= magnésio; Ca= cálcio; pH= potencial hidrogênico.

Fonte: Própria (2020).

Tabela 5: Análise de Correlação de Pearson entre as distancias de hastes utilizadas para coleta de dados de condutividade elétrica aparente no solo com protótipo de baixo custo e as variáveis analisadas do solo nos dois anos 2020 e 2021.

Variáveis	distâncias								
	2	6	10	14	20	25	30	40	60
U%	0,34	0,37	0,36	0,36	0,27	0,31	0,30	0,45	0,39
pH CaCl ₂	0,05	0,08	0,05	-0,02	0,03	0,19	0,31	0,23	0,03
P (mg dm ³)	-0,29	-0,14	-0,22	-0,21	-0,08	-0,22	-0,15	-0,22	-0,09
K (mg dm ³)	-0,43	-0,16	-0,15	-0,13	0,04	-0,02	0,10	-0,06	0,10
Ca (cmolc dm ³)	-0,42	-0,02	-0,02	0,01	0,30	0,24	0,13	0,03	0,01
Mg (cmolc dm ³)	-0,28	-0,02	-0,12	-0,04	0,15	0,12	0,20	0,17	0,07
H + Al	0,29	0,19	-0,05	0,03	0,01	0,03	-0,07	0,12	0,16
CTC pH 7 (T)	-0,18	0,13	-0,09	0,02	0,30	0,24	0,11	0,16	0,16

CTC efetiva (t)	-0,43	-0,03	-0,06	-0,01	0,28	0,22	0,16	0,06	0,03
V%	-0,44	-0,11	-0,04	-0,03	0,18	0,14	0,16	-0,01	-0,08
M.O. (g dm³)	0,15	0,11	-0,11	-0,14	-0,13	-0,07	0,05	0,15	0,20
C.O. (g dm³)	0,15	0,11	-0,11	-0,14	-0,13	-0,07	0,05	0,15	0,20
Cu (g kg)	0,52	0,08	0,01	0,00	-0,24	-0,12	-0,04	0,22	0,17
Fe (g kg)	0,03	-0,01	0,14	0,20	0,13	0,03	0,01	-0,03	0,06
Mn (g kg)	-0,27	0,01	-0,00	0,06	0,24	0,18	0,14	0,07	0,06
Zn (g kg)	-0,30	-0,04	-0,07	-0,16	0,04	-0,03	0,01	-0,05	-0,10

Quando $\geq 0,60$ ou $r \geq -0,60$ (Correlação Forte - Em negrito); $0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$ (Correlação Moderada - Em itálico e sublinhado); $-0,30 < r < 0,30$ (Correlação Fraca - Fonte normal) (Dancey e Reidy, 2006). U% = umidade; V% = saturação de bases; CTC= capacidade de troca de cátions; Zn= zinco; Mn= manganês; Fe= ferro; Cu= cobre; P= fosforo; K= potássio; S.B= saturação de bases; H+Al= hidrogênio + alumínio; Mg= magnésio; Ca= cálcio; pH= potencial hidrogênico.

Fonte: Própria (2020).

CONCLUSÕES

A respeito dos atributos químicos do solo, é identificado que há heterocedasticidade presente, demonstrando que a área experimental apresenta variação nos valores desses atributos por todo o grid.

No primeiro ano de análise realizada em 2020, a condutividade elétrica aparente do solo apresentou uma maior correlação com os atributos do solo, em comparação com as análises realizadas em 2021. Isso se deve ao fato de ocorrer alterações nas bases trocáveis presentes na superfície do mesmo, ligadas a adubações, calagens, capinas entre outras atividades que possam vir a modificar a superfície do mesmo.

Foi possível verificar que a leitura de CEa realizada pelo aparelho com as hastes espaçadas na distância de 2 cm, apresentou uma melhor correlação com as propriedades químicas do solo e com a umidade para ambos os anos avaliados, se provando como a melhor distancia a ser utilizada para análise a campo. Sendo assim o aparelho se mostrou capaz de mensurar a condutividade aparente do solo, já que em ambos os anos ele obteve resultados de correlação parecidos com outros autores que utilizavam do equipamento comercial.

REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. D. C., & INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

BRANDÃO, Z.N.; ZONTA, J.H.; MEDEIROS, J.C.; SANA, R.S.; BARBOSA, G.F. Condutividade elétrica aparente e sua correlação com o pH em solos no cerrado de Goiás. In:

INAMASU, R. Y. Et al. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. 1. ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p 162 - 167.

CÂNDIDO, H. T.; SAMPAIO, A. C. Produção e consumo de maracujá no Estado de São Paulo e uso dos resíduos industriais para alimentação animal. **FCA/UNESP – Campus Botucatu, Botucatu**, 2018.

CARVALHO, D. H.; & SILVEROL, A. C. Utilização do mapa de uso do solo na identificação de áreas potenciais de solo degradado. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 4538-4542, 2017.

CARVALHO, M.P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Bras. Ciência do Solo**, v 27, p. 695-703, 2003.

CASTRO, C.N. **Definição de unidades de gerenciamento do solo por meio da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas**. Orientador: José Paulo Molin. 2004. Dissertação. 131 p. (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; TABALDI, F. M.; SCHWALBERT, R. A.; REIMCHE, G. B., NORA, D. D., ... & HORBE, T. D. A. N. Espacialização em alta resolução de atributos da acidez de Latossolo por meio de sensoriamento em tempo real. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1306-1316, 2016.

DA SILVA CARNEIRO, J. S.; DOS SANTOS, A. C. M.; FIDELIS, R. R.; DA SILVA NETO, S. P.; DOS SANTOS, A. C.; & DA SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, 2016.

FALEIRO, F. et al. **MARACUJÁ: produtor pergunta embrapa responde**. 1 edição. Brasília – DF: **EMBRAPA**, 2016. 341 p.

MACHADO, P. D. A.; BERNARDI, A. D. C.; Valência, L. I. O.; Molin, J. P.; Gimenez, L.; Silva, C. A.; ... & MEIRELLES, M. Mapeamento da condutividade elétrica do solo e relação com os teores de argila de um latossolo vermelho sob plantio direto de grãos no Paraná. In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, 2004., 2004

MATIAS, S. S. R.; MATOS, A.; LANDIM, J.; FEITOSA, S.; ALVES, M. A.; & SILVA, R. Recomendação de calagem com base na variabilidade espacial de atributos químicos do solo no Cerrado brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 896-907, 2019.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 83-91, 2011.

MIOT, H. A. **Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais**. 2017.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. do; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; & PARENT, S. É. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1294-1306, 2012.

OLDONI, H.; & BASSOI, L. H. Delineamento de zonas de manejo com base na condutividade elétrica aparente de solo arenoso. **SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, v. 4, 2015.

ORTIZ, R. J. F.; TOSCANO, E. M. M. Estatística Usando Minitab. **UFMG – Campus Belo Horizonte**, Belo Horizonte, 2010.

PARANHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; DA ROCHA, E. C. DA SILVA JÚNIOR, J. A., NEVES, J. A. B., & SANTOS, M. L. W. D. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: o retorno. **Leviathan (São Paulo)**, n. 8, p. 66-95, 2014.

RABELLO, L. M.; BERNARDI, A. D. C.; & INAMASU, R. Y. Condutividade elétrica aparente do solo. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

SANA, R. S., ANGHINONI, I., BRANDÃO, Z. N., & HOLZSCHUH, M. J. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 994-1002, 2014.

SANCHES, G. M. **Variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo e sua relação com a produtividade agrícola, parâmetros topográficos e condutividade elétrica aparente (CEa) em lavouras de cana-de-açúcar**. 2018.

SANCHES, G.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; KOLLN, O.T.; FRANCO, H.C.J. **Amostragem Inteligente para Caracterização da Variabilidade Espacial do Solo por meio da Condutividade Elétrica Aparente**. VII Simpósio tecnologia de produção de cana de açúcar - Piracicaba-SP, 8 a 10. Jul. 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Brasília: 2018. 355 p.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: **Embrapa Cerrados**, 2004. 416 p. il.

SOUZA, Z. M. D.; MARQUES JÚNIOR, J.; & PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, p. 491-499, 2004.

TOMMASELLI, J.T.G.; BACCHI, O.O.S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p.1145-54, 2001.

Vitali, M. M. Estatística sem matemática para psicologia. **Revista Brasileira de Psicodrama**, v. 27, n. 1, p. 139-144, 2019.