



A Experimentação Aliada à Inter/Transdisciplinaridade como Alternativa para o Ensino de Física nas Universidades: uma Experiência nas Ciências Agrárias

Beatriz Lopes Pereira, engenheira sanitária e ambiental
Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Belém-PA, Brasil

Rayane Pereira Sodré, discente em engenharia ambiental e energias renováveis
Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Belém-PA, Brasil

José Felipe Sousa de Almeida, físico teórico e membro da Academia de Ciências do Pará (ACP)
Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Belém-PA, Brasil

Antônio Vinícius Corrêa Barbosa, geofísico e engenheiro civil
Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Belém-PA, Brasil

Received: 04 Feb 2017 _____ / Accepted: 12 Apr 2017 _____ / Published: 27 Aug 2017 _____.

Abstract: This work presents an inter / transdisciplinary proposal for the teaching of Physics in the universities, focusing on agricultural science courses. The objective is to help students of these courses to understand the applicability and importance of this discipline in their academic and professional lives. For this purpose, a laboratory experiment was carried out, with the participation of students and teachers, in order to measure the electrical conductivity of a soil sample and to interpret the results from the point of view of physical science and soil science.

Key words: Experimental activity, interdisciplinarity, educational laboratory, teaching Physics.

1. Introdução

Associar o conteúdo ministrado em aulas Física ao contexto de sua atuação profissional é uma das

Autor correspondente: Beatriz Lopes Pereira, discente em agronomia. Possui graduação em engenharia sanitária e ambiental, áreas de pesquisa: meio ambiente e sustentabilidade, agricultura de precisão. E-mail: pereiralopes89@gmail.com

dificuldades encontradas por muitos estudantes do ensino superior. De fato, diante de um paradigma educacional que tende a desconectar as disciplinas, apresentando-as de forma isolada, o aluno traz, desde o ensino básico, esta dificuldade em relacionar diferentes saberes, chegando ao ensino superior com uma visão limitada, fragmentada do conhecimento – herança da teoria reducionista cartesiana, um dos pilares da ciência ocidental, a qual sugere particionar os problemas em quantas parcelas sejam possíveis e necessárias, para

melhor resolvê-los [1] –, cujo resultado é o desinteresse dos estudantes por determinadas disciplinas, nomeadamente as disciplinas da área de exatas como a Física.

Essa postura de desinteresse pelo estudo da Física encontra a sua origem no método tradicional de ensino-aprendizagem, no qual o professor preocupa-se demasiadamente com a resolução de problemas, levando o aluno a decorar fórmulas e resolver equações de forma mecânica, preenchendo seu caderno de informações, mas sem conseguir construir a ponte entre essas informações e o mundo que o cerca. Além disso, muitos professores ainda optam pela aula expositiva, onde o diálogo entre professor e aluno tem um lugar menor; onde o aluno não tem papel ativo na construção do conhecimento [2-4]. O ensino fragmentado prejudica a formação do espírito científico do estudante [5], bem como a sua autonomia, senso crítico e desenvolvimento intelectual, fatores essenciais para o bom desempenho profissional do formado [6]. Assim, frente a esse modelo de ensino individualista e descontextualizado da realidade do discente, é necessário que as universidades optem por um método alternativo para o ensino de física; o que pode ser alcançado através de aulas experimentais de caráter interdisciplinar.

A experimentação associa a teoria à prática, favorecendo um melhor entendimento das leis e conceitos da Física, enquanto que, a interdisciplinaridade, permite relacionar a Física a outras disciplinas, objetivando produzir novos conhecimentos e solucionar problemas de modo global e abrangente [6]. Nesta perspectiva, professor e aluno podem até mesmo ultrapassar o horizonte interdisciplinar, chegando a transdisciplinaridade, onde as fronteiras entre as disciplinas são transpassadas, construindo-se um novo conhecimento, que se baseia no que está ao mesmo tempo entre, através e além das disciplinas [7-9].

Quando vinculadas, experimentação e inter/transdisciplinaridade configuram-se como uma importante ferramenta no processo de ensino – aprendizagem de Física nas universidades, possibilitando ao aluno encontrar o significado e a relevância dessa disciplina, no seu curso, em sua vida profissional e em seu cotidiano; e um dos espaços mais utilizados pelos professores para essa finalidade experimental, é o laboratório didático de Física [10]. Para Marineli e Pacca (2006), o laboratório didático é fundamental para o aprendizado de Física, e oferece grandes vantagens para tal, como, por exemplo, a maior interação entre professor e aluno, e entre os próprios alunos, que, nessas circunstâncias, tendem a despertar em si, o interesse pela pesquisa em ciências [11]; podendo ainda “discutir diferentes pontos de vista, propor estratégias de ação, manipular instrumentos, formular hipóteses, prever resultados, confrontar previsões com resultados experimentais, etc.” [11]. Assim, pode-se criar um ambiente favorável para que o aluno tenha motivação e interesse pelo estudo da Física, bem como pelas demais disciplinas envolvidas na atividade.

Neste cenário, estão incluídos alunos de diversas áreas, como é o caso das ciências agrárias. De um modo geral, neste setor, a grade curricular é moldada tendo como base os saberes biológicos, sobre tudo o estudo de plantas e animais. Por esta razão, pode parecer ao aluno, em um primeiro momento, que os tópicos de Física não possuem grande envolvimento neste contexto, especialmente quando o assunto é voltado para o tema eletricidade. Porém, essa associação é possível, o estudo da eletricidade está inserido, por exemplo, em um dos principais ramos de abrangência das ciências agrárias, a agricultura de precisão.

A agricultura de precisão é uma técnica agrícola que considera como ponto de partida para a tomada de decisões no sistema produtivo, o estudo das variações espaciais e temporais das propriedades físicas e

químicas do solo; como umidade, salinidade, textura, teor de matéria orgânica, entre outras. Uma maneira simples e econômica de identificar essas variações em uma área produtiva é através da mensuração da condutividade elétrica do solo, uma vez que, as referidas propriedades do solo, influenciam diretamente este parâmetro [12-13].

Diante do exposto, este trabalho apresenta um experimento inter/transdisciplinar, realizado no laboratório de Física da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), integrando os saberes da ciência física e da ciência do solo, para o estudo da condutividade elétrica de uma amostra de solo. O objetivo é revelar a alunos de ciências agrárias um dos muitos empregos da Física nos cursos em que estão inseridos, além de facilitar a compreensão e despertar o interesse dos estudantes pelos assuntos aqui tratados.

2. Metodologia

2-1. Participantes

Todas as etapas do trabalho contaram com a participação ativa de alunos de iniciação científica dos cursos de agronomia e engenharia ambiental e energias renováveis, sempre acompanhados de perto pelos professores, para orientarem e incentivarem as atividades. Embora o presente trabalho esteja direcionado a alunos dos cursos de ciências agrárias, área que não engloba o curso de engenharia ambiental, as áreas de ciências agrárias e ciências ambientais são totalmente complementares: as soluções para as questões concernentes a cada área, necessitam da troca de conhecimento entre elas. Além disso, ambas as áreas contemplam o estudo da ciência física e da ciência do solo.

2-2. Instalação e condução do experimento

Para a realização do experimento foi coletada uma amostra de solo, em novembro de 2014, em uma área

descampada, próxima a uma área de floresta, nas dependências da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no município de Belém-PA, nas coordenadas geográficas $1^{\circ} 27' 33.26''$ de latitude sul e $48^{\circ} 26' 13.26''$ de longitude oeste, sobre um solo classificado como Latossolo Amarelo, textura média [14]. O clima do município é tropical chuvoso, do tipo Afí, da classificação de Koeppen, com amplitude térmica anual reduzida e precipitação média mensal superior a 60 mm. Considerando-se a classificação de Thorthwaite, o clima é do tipo B4A'r, apresentando alta umidade e pequena deficiência hídrica [15]. Os procedimentos para coleta, preparo da amostra de solo e mensuração de sua condutividade elétrica, apresentados a seguir, tiveram por base a metodologia descrita na referência [16].

Primeiramente, coletou-se uma amostra de solo em formato cúbico, medindo $0,70 \times 0,50 \times 0,40 \text{ m}^3$, cortando-se o solo e esculpindo-o para atingir as dimensões desejadas — processo indicado para solos relativamente consistentes. Após a coleta, cobriu-se a amostra com uma tela e também com uma camada de parafina, armazenando-a, em seguida, em uma caixa de madeira. Esses procedimentos ajudam a preservar a consistência e umidade original da amostra, de forma que esta represente, o mais fiel possível, as características naturais da área investigada.

No Laboratório de Sistemas Ciberfísicos da UFRA a amostra foi preparada com os recursos necessários para a condução do experimento: placas metálicas, chaves de fenda e conectores. Assim, conforme, a figura 1, as placas metálicas foram posicionadas no interior da caixa, em contato com as faces de menor área da amostra ($0,2 \text{ m}^2$), e, sobre elas, foram acoplados os conectores. Uma vez que a finalidade das placas é a transmissão da corrente elétrica para a amostra, tomou-se o cuidado de escolher placas cujas dimensões cobrissem toda a área de contato com a amostra, a fim de se obter a melhor distribuição possível da corrente elétrica no solo. Com

relação às chaves de fenda, utilizadas como eletrodos de medição de tensão, essas foram alinhadas na parte central da amostra, a uma distância de 0,25 m uma da outra. Também foram utilizados no experimento um osciloscópio e um aparelho multíteste.



Figura 1 -Amostra de solo preparada com os recursos necessários para a medição de sua condutividade elétrica.

Com a amostra devidamente equipada, o próximo passo para a determinação de sua condutividade elétrica, é a injeção de corrente elétrica no solo. Para tal, foi montado um circuito elétrico associando-se aos conectores um gerador de sinais de frequência variável e um resistor shunt, como pode ser observado na figura 2.

Neste trabalho, utilizou-se como gerador de sinais o software livre Audacity®, programando-o para operar entre 20 valores de frequência, contidos na faixa do espectro que vai de 100 Hz até 2kHz. Assim, com o circuito em funcionamento, alimentado pelo gerador de sinais, foram mensurados os valores de corrente e tensão, correspondentes aos valores de frequência escolhidos.

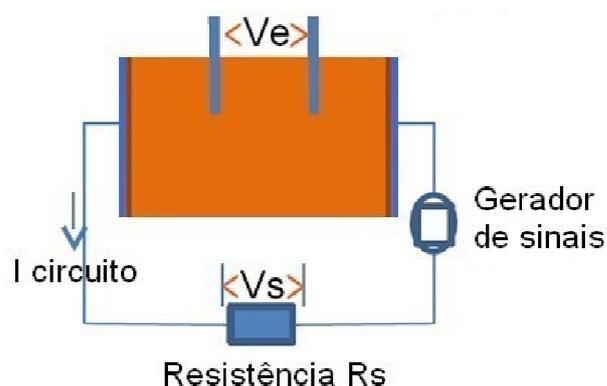


Figura 2 -Representação esquemática do circuito elétrico montado para o experimento.

Os fenômenos físicos que ocorrem durante o funcionamento do circuito elétrico, representado pela figura 2, são descritos matematicamente pelas equações 1, 2, 3 e 4 [17], abaixo listadas da seguinte maneira:

$$I_{circuito} = \frac{V_s}{R_s} \quad (1)$$

$$|Y_{solo}| = \frac{I_{circuito}}{V_e} \quad (2)$$

$$G = \text{Real}\{Y_{solo}\} = \frac{\sigma A}{d} \rightarrow \sigma = G \frac{d}{A} \quad (3)$$

$$B = \text{Imag}\{Y_{solo}\} = \frac{\omega \varepsilon A}{d} \rightarrow \omega \varepsilon = B \frac{d}{A} \quad (4)$$

onde Y trata da admitância (S) medida em cada frequência; d é a distância (m) entre os eletrodos; A , é a área de seção transversal (m^2) da amostra de solo. A expressão $G=\text{Re}(Y)$ corresponde à condutância (S) e $B=\text{Im}(Y)$ à susceptância (S); σ representa a condutividade elétrica do solo ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$); e $\omega\varepsilon$, o produto da frequência angular (ω) pela permissividade elétrica (ε). A tensão entre os eletrodos (V_e) e a corrente injetada no circuito (V_s/R_s), para cada frequência, foram medidas com o aparelho multíteste e com o osciloscópio, respectivamente.

Finalmente, os valores de condutividade elétrica da amostra solo, em resposta aos diferentes valores de frequência, foram obtidos, substituindo-se na equação 3, os valores geométricos da amostra e os valores da admitância, calculados pela equação 2.

3. Resultados e discussão

3-1. Análise da amostra de solo

A variação da condutividade elétrica do solo, em função da frequência, e seu comportamento na amostra de solo, são apresentados no gráfico da Figura 3, gerado no programa MATLAB®.

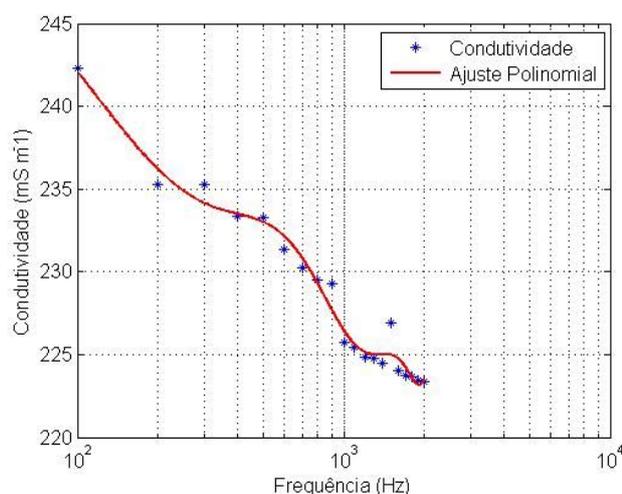


Figura 3 - Condutividade elétrica da amostra de solo em função da frequência.

Nele observa-se que os valores de condutividade elétrica diminuem com o aumento da frequência, variando entre 0,242 e 0,223 mS.m⁻¹, ao longo de todo o experimento. Valores semelhantes foram encontrados por Portela (2000) [18], que também realizou estudos da condutividade elétrica em solo amazônico, e dentro da faixa de frequência utilizada neste trabalho, alcançando valores que variaram entre 0 e 0,220 mS.m⁻¹

Segundo Rocha (2007), em baixas frequências – menores que 1MHz –, a condutividade elétrica do solo ocorre, basicamente, de forma eletrolítica, ou seja, se dá em função dos íons dissolvidos em solução no solo, uma vez que, são esses íons, que conferem à água a capacidade de conduzir corrente elétrica [17]. Logo, quanto maior a concentração iônica da solução do solo, maior será a sua condutividade elétrica. Todo este processo é fortemente influenciado pelas características físico-químicas do solo, nomeadamente a umidade e a presença de íons no solo. Outras características importantes que podem ser citadas são a temperatura, tamanho dos grãos do solo e a composição química do mesmo, por estarem diretamente relacionadas com as duas primeiras.

Os íons, que compõem a solução do solo, são os nutrientes que as plantas absorvem através de suas raízes. Por esta razão, segundo Verma *et al.* (2015), a condutividade elétrica do solo é uma medida capaz de indicar a quantidade de nutrientes disponível no solo, ou seja, a sua fertilidade [19]. Os autores ainda apontam que, de um modo geral, a faixa ideal de condutividade elétrica, que caracteriza um solo saudável, está entre 20mS.m⁻¹ e 120mS.m⁻¹. Valores abaixo de 20mS.m⁻¹ indicam solos com baixa quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas, podendo indicar até mesmo um solo estéril. Enquanto que, valores acima de 120mS.m⁻¹, podem indicar solos salinizados, seja por ação natural ou antrópica.

Assim, com base no exposto, e tendo em vista que a coleta de amostra foi realizada em novembro, período de verão amazônico, e mês de menor precipitação na cidade de Belém [20], pode-se afirmar que, os valores de condutividade elétrica encontrados neste trabalho, e apresentados no gráfico (Figura 3), além de refletirem condições de baixa umidade, também indicam uma provável deficiência nutricional no solo estudado.

De fato, as referidas deficiências são comumente encontradas em solos de regiões tropicais, pois, em

função de seus fatores de formação, nomeadamente temperatura e pluviosidade, possuem predomínio de minerais de baixa atividade química, como a argila caulinita, por exemplo [21]; condição que lhes confere reduzida capacidade de retenção de água, bem como pobreza em macro e micronutrientes e baixa capacidade de troca de cátions (CTC). A CTC representa a quantidade total de cátions que um solo pode adsorver na superfície de seus colóides, na forma trocável, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ , Al^{3+} . Quando em condições de baixa CTC, como nos solos amazônicos, esses cátions estão susceptíveis à lixiviação e escoamento superficial, levando à perda desses nutrientes e, conseqüentemente, ao empobrecimento do solo [22-23].

Nesse contexto, a matéria orgânica configura-se como um constituinte de grande importância para os solos da Amazônia e demais solos de regiões tropicais, pois auxilia na melhora das propriedades e processos que ocorrem nesses solos, contribuindo, por exemplo, com cerca de 80% do valor total da CTC, melhorando assim a retenção e disponibilidade de nutrientes, além de aumentar a capacidade de retenção de água, por influenciar positivamente na porosidade e estrutura do solo, entre outras propriedades [24].

Outra característica importante da matéria orgânica é a sua distribuição no solo, que pode variar tanto verticalmente quanto horizontalmente, em função de fatores edafoclimáticos e também de intervenções antrópicas [24]. É à luz dessa característica que se pode explicar o próximo ponto a ser observado no gráfico (Figura 3): o decréscimo dos valores de condutividade elétrica ao longo do experimento, refletido na curva de comportamento decrescente do gráfico.

Conforme mencionado anteriormente, os fatores condicionantes para o eficiente fluxo de corrente elétrica em solos de ambientes tropicais – umidade e teor de íons nutrientes –, são influenciados de forma decisiva pela matéria orgânica. Isso posto, é possível

afirmar que, a variação na distribuição da matéria orgânica desses solos, exercerá forte influência sobre os valores de condutividade elétrica neles mensurados.

Alcântara *et al.*(2013) e Valente (2010) realizaram medidas de condutividade elétrica nas profundidades de 0,0 a 0,20 m e de 0,20 a 0,40 m ([25], [26]) e, como no presente trabalho, também obtiveram valores de condutividade elétrica decrescentes em seus resultados: os maiores valores foram encontrados na camada superficial de 0,0 a 0,20 m, em relação a camada de 0,20 a 0,40 m. Os primeiros, justificaram o fato afirmando que, nas camadas mais superficiais há maior concentração de matéria orgânica e nutrientes. Já o segundo, justificou os resultados obtidos afirmando que, nas primeiras camadas do solo, há maior variação das propriedades físicas e químicas do solo, o que inclui o teor de matéria orgânica. Outrossim, Tognon *et al.* (1998) analisaram 78 perfis de latossolo amarelo na Amazônia — o mesmo tipo de solo avaliado no presente trabalho — e constataram que, nas camadas superficiais desses solos, o acúmulo de matéria orgânica é muito mais expressivo, em relação às camadas mais profundas [27].

Assim, considerando-se os trabalhos dos autores supracitados, têm-se um indicativo de que o comportamento decrescente do gráfico (Figura 3) reflete o decréscimo da umidade e/ou da quantidade de nutrientes no solo em estudo, acompanhando o decréscimo no teor de matéria orgânica no mesmo.

Pretende-se complementar os resultados deste trabalho, realizando-se os procedimentos experimentais anteriormente descritos, no período de inverno amazônico, a fim de se comparar com os resultados preliminares obtidos no período de verão; e, também, a partir de análises físico-químicas do solo; deste modo, almeja-se obter, de forma mais aprofundada, a caracterização eletromagnética do solo avaliado no presente estudo; sendo esta, mais uma

ferramenta didática que poderá contribuir para o aprendizado prático dos alunos participantes, no que se refere à interpretação de uma análise de solo, podendo-se discutir os diversos conceitos físicos e químicos envolvidos nesse processo. Pretende-se ainda, com esta futura análise, identificar, entre os fatores apontados neste trabalho, o que apresenta maior influência sobre os valores de condutividade elétrica do solo em estudo.

3-2. Contribuições do experimento.

Utilizar um experimento laboratorial para a medição da condutividade elétrica do solo, como via de transição entre os fenômenos físicos relacionados à eletricidade e às ciências agrárias, proporcionou aos alunos envolvidos neste trabalho, e também aos professores, uma maneira instigante e dinâmica de aprender e ensinar os referidos assuntos, respectivamente.

Os alunos ainda puderam aprender a manusear os diferentes equipamentos utilizados nas medições, bem como os softwares empregados na obtenção e análise de dados, agregando assim conhecimentos importantes que poderão facilitar suas atividades acadêmicas e profissionais.

O experimento também abre possibilidades para o desenvolvimento de materiais didáticos para uso dos estudantes, abordando a questão interdisciplinar. Entre os exemplos que podem ser discutidos durante estas práticas estão: o estudo da condutividade elétrica e assuntos a ela relacionados, como a eletrostática e circuitos elétricos, por exemplo; aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, e análise de sua capacidade produtiva; além de conceitos de estatística.

Outro ponto a ser discutido é a equação (4), utilizada para a determinação da permissividade elétrica (ϵ). Embora este parâmetro não tenha aplicabilidade no experimento relatado neste trabalho,

seu uso para fins interdisciplinares é igualmente possível. A permissividade elétrica, por ser um parâmetro do solo variável com a frequência, é utilizado em estudos de propagação de descargas atmosféricas, cálculos para o dimensionamento de sistemas de aterramento elétrico, etc. Por tanto, pode-se sugerir o estudo da permissividade voltado a área da engenharia e da Física, podendo-se utilizar para tal, um gerador de sinais para simulações em campo ou laboratório.

4. Conclusão

Este artigo abordou uma proposta inter/transdisciplinar para aprimorar o ensino de Física nas universidades, tendo como foco os cursos da área de ciências agrárias. Buscou-se, com o experimento aqui descrito, não apenas melhorar o aprendizado, contextualizando os conceitos físicos aos saberes que integram os cursos, mas também estimular os alunos a ressignificar esta disciplina — comumente vista por eles como um obstáculo desde o ensino médio — encarando-a como um importante instrumento para a vida acadêmica e profissional, e também para expandir o entendimento sobre o mundo que os cerca.

Além de estudantes das ciências agrárias, a prática contou com a participação de estudantes de engenharia ambiental, o que contribuiu de forma significativa, não apenas para a elaboração do trabalho, como também para a construção do conhecimento dos discentes, a partir da troca de saberes. Este envolvimento fortalece a importância da interdisciplinaridade como mecanismo que possibilita o compartilhamento de experiências e enriquecimento mútuo entre diferentes áreas.

A atividade apresentou resultados positivos: os alunos demonstraram seriedade, interesse e envolvimento em todas as etapas do experimento, além de compreensão dos assuntos aqui discutidos, constatada durante a interpretação dos resultados,

questionamentos, e pelos debates entre professores e alunos. Pôde-se notar também que os alunos buscavam ajudar-se mutuamente, no decorrer do experimento, auxiliando assim a equilibrar os diferentes níveis de dificuldade de cada um, frente a atividade proposta; o que demonstra o papel do laboratório didático não apenas como indispensável no processo de ensino-aprendizagem, mas também no desenvolvimento da habilidade de ensinar e aprender dos alunos.

Assinale-se ainda que, no desenrolar do experimento e construção do presente artigo, ficou claro para professores e alunos a forte interdependência entre as disciplinas abordadas, cujos saberes dialogaram perfeitamente para tratar do tema proposto para a aula em laboratório – a condutividade elétrica do solo. Deste modo, o referido tema revelou-se, de fato, um tema transversal, ou seja, o tema foi capaz de ultrapassar as fronteiras epistemológicas entre a ciência física e a ciência do solo, gerando conhecimentos que permeiam ambas as disciplinas. Assim, espera-se que este trabalho contribua para a pesquisa e discussão acerca da articulação das ciências exatas às demais áreas do conhecimento, via experimentação, como forma de estimular muitos estudantes a superarem sua aversão a disciplinas como Física e Matemática.

Ademais, sugere-se que as universidades estimulem didáticas como estas. Para tanto, além da necessidade de repensar os tradicionais métodos de ensino, retirando o aluno da condição de mero receptor de informações, é indispensável o investimento em infraestrutura e tecnologia.



Referências

- [1] Descartes R., “Discurso do método”, Martin Fontes (2001).
- [2] Favarão N., Araújo C., Importância da interdisciplinaridade no ensino superior. *EDUCERE – Revista da Educação*, v. 4, n. 2, p.103–115 (2004).
- [3] Moraes J., Silva Junior R., Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, v. 4, n. 3, p. 61-67 (2014).
- [4] Silva R., Silva S., Souza L., Ruivo M., Comportamento granulométrico de um latossolo amarelo sob diferentes ecossistemas, Belém/PA. 67ª Reunião Anual da SBPC, São Paulo-SP, Brasil (2015).
- [5] Gerhard A., Rocha Filho J., A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.17, n.1, p. 125-145 (2012).
- [6] Peleias I., Mendonça J., Slomski V., Fazenda, I., Interdisciplinaridade no ensino superior: análise da percepção de professores de controladoria em cursos de ciências contábeis na cidade de São Paulo. *Avaliação*, v, 16, n. 3, p. 499-532 (2011).
- [7] Guedes C., Machado J., Brito M., Brito S., Machado V., Importância das aplicações da transdisciplinaridade na educação humana. *Revista Graduando*, v. 1, n. 1, p. 21-32 (2010).
- [8] Nicolescu B., Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade. M. Mello, V. Barros, e A. Sommerman (Eds.), Unesco e Triom (2000).
- [9] Santos, A., Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. *Revista Brasileira de Educação*, v. 13, n. 37, p. 71-83 (2008)
- [10] Rosa W., Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na universidade de Passo Fundo. *Revista Ensaio*, v. 5, n. 2, p. 13-27 (2003).
- [11] Marineli F., Pacca J., Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 4, p. 497-505 (2006).
- [12] Molin J., Amaral L., Colaço A., “Agricultura de precisão”, Oficina de Textos (2015).
- [13] Rabello L., Yanamassu R., Torre Neto A., Molin J., Luchiarini Junior A., Simões M., Sistema de medida de condutividade elétrica do solo adaptado a um implemento agrícola (subsolador). Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, Piracicaba-SP, Brasil (2008).
- [14] Silva R., Silva S., Souza L., Ruivo M., Comportamento granulométrico de um latossolo amarelo sob diferentes ecossistemas, Belém/PA. 67ª Reunião Anual da SBPC, São Paulo-SP, Brasil (2015).
- [15] Costa A., Mattos A., Variações sazonais da ilha de calor urbana na cidade de Belem – PA. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro-RJ, Brasil (2000).

- [16] Portela C., Measurement and modeling of soil electromagnetic behavior. Proceedings IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Seattle-WA, EUA (1999).
- [17] Rocha P., “Introdução à modelagem de sistemas de aterramento”, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 89 p (2007).
- [18] Portela C., Grounding Requirement to Assure People and Equipment Safety Against Lightning. Proceedings IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Washington-DC, EUA (2000).
- [19] Verma J., Sharma A., K P., To evaluate the values of electrical conductivity and growth parameters of apple saplings in nursery fields. *International Journal of Applied Sciences and Engineering Research*, v. 4, n. 3, p. 321-332 (2015).
- [20] Mendes D., Suporte meteorológico de superfície para o monitoramento de precipitação na Amazônia. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília-DF, Brasil (1998).
- [21] Primavesi A., “Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais”, Nobel (2002).
- [22] Ronquim C., Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Disponível em <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/882598/1/BPD8.pdf>>. Acesso em 15 Abr 2017
- [23] Vale Junior J., Souza M., Nascimento P., Cruz D., Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. *Revista Agro@ambiente Online*, v. 5, n. 2, p. 158-165 (2011).
- [24] Madari B., Cunha T., Novotny E., Milori D., Martin Neto L., Benites V., Coelho M., Santos, G., Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (terra preta de índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. W. Teixeira, D. Kern, B. Madari, H. Lima, e W. Woods (Ed.), Embrapa Amazônia Ocidental (2009).
- [25] Alcântara G., Reis E., Queiroz D., Produtividade de culturas correlacionada com condutividade elétrica aparente de um solo sob plantio direto. *Revista Agrotecnologia*, v. 3, n. 2, p. 62-72 (2013)
- [26] Valente D., “Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para definir zonas de manejo em cafeicultura de precisão”, Tese de doutorado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 120 p (2010).
- [27] Tognon A., Demattê J., Demattê, J., Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil central. *Scientia Agricola*, v. 55, n. 3, p. 343-354 (1998).