



## INTERAGINDO COM OS NÚMEROS COMPLEXOS: COMPREENDENDO CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE ALTERNADA

Cassiano Scott Puhl<sup>1</sup>

Tháisa Jacintho Müller<sup>2</sup>

Isolda Gianni de Lima<sup>3</sup>

### Educação Matemática no Ensino Superior

**Resumo:** Este artigo apresenta um recorte de uma pesquisa de doutorado que visa desenvolver um organizador prévio, em forma de objeto de aprendizagem (OA), para a aplicação de números complexos em análises de circuitos de corrente alternada, no Ensino Superior. O OA tem o objetivo de promover uma aprendizagem ativa e significativa, por meio de interações com aplicativos disponíveis virtualmente, desenvolvidos no GeoGebra. A pesquisa se justifica pelo fato de que grande parte dos ingressantes do curso de Engenharia não apresenta o conhecimento de números complexos esperado pelos professores do Ensino Superior, que é potencial subsunçor para a análise de circuitos elétricos de corrente alternada. Além desse aspecto, não foi encontrado nenhum objeto de aprendizagem desenvolvido e aplicado com estudantes de Engenharia para preencher as lacunas de conhecimentos advindas do Ensino Médio. A teoria de David Ausubel, de aprendizagem significativa, fundamentará, posteriormente, a construção de um OA, que propõe também considerar o estudante como sujeito ativo nas atividades e na sua aprendizagem. Utiliza-se, para isso, o método de aprendizagem baseado em problemas, muito significativo quando se objetiva protagonismo por parte dos estudantes. Por fim, com a futura aplicação do OA construído e pela qualificação da proposta com professores e estudantes de Engenharia, pretende-se contribuir para uma melhora da qualidade do ensino de Matemática em nível superior.

**Palavras Chaves:** Números Complexos. Circuitos Elétricos. Objeto de Aprendizagem. Ensino Superior.

### INTRODUÇÃO

A educação brasileira está sendo revista, passando por transformações, em todos os níveis, com atualizações e aperfeiçoamentos, especialmente na proposição de estratégias de aprendizagem, visando adequá-las ao perfil atual dos estudantes. Ao mesmo tempo, muitos estudantes mostram-se desmotivados ou desinteressados em aprender, principalmente quando não entendem para que servem os conteúdos. Nesse cenário, os professores são fundamentais quando intenta-se reverter a situação.

---

<sup>1</sup> Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. E-mail: c.s.puhl@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutora em Informática na Educação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. E-mail: thaisamuller@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutora em Informática na Educação. Universidade de Caxias do Sul. E-mail: iglima1@gmail.com.

Um discurso muito difundido atualmente é o de que o professor não é dono do saber, que seu papel principal é o de mediador do desenvolvimento de aprendizagens. Entretanto, percebe-se que, na prática, não é o que comumente acontece, porque transformações expressivas na educação não ocorrem em pouco tempo. As teorias construtivistas demoram a chegar nas escolas, e para tornarem-se cultura escolar, possivelmente, levarão décadas. Destarte, enquanto o ambiente educacional não se adapta a essa nova tendência, certas aprendizagens parecem não fazer sentido para alguns estudantes e o professor já não consegue mais trabalhar com todos os conteúdos curriculares como fazia tempos atrás. O estudo dos números complexos, por exemplo, está sendo abdicado por boa parte dos professores do Ensino Médio, como mostram as pesquisas de Batista (2004) e Mello e Santos (2005).

Este não ensinar e não aprender conceitos básicos de Matemática do Ensino Médio acaba refletindo-se no Ensino Superior, principalmente em cursos de Ciências Exatas, como a Engenharia. Esses cursos requerem conhecimentos sólidos de Matemática por parte de seus estudantes, tanto nas disciplinas de formação básica quanto nas de formação profissional.

Estando a par dessa problemática, como projeto de pesquisa de mestrado foi criado um objeto para auxiliar na aprendizagem de números complexos, desenvolvido como ambiente interativo em que constam textos didáticos, vídeos informativos, questões de vestibulares, aplicativos do GeoGebra<sup>4</sup> e uma rota de aprendizagem, aplicada em uma escola de Ensino Médio, fundamentada e analisada à luz da teoria da aprendizagem significativa, de David Ausubel. A construção desse recurso digital foi baseada em informações e pareceres de professores, coletados por questionários e entrevistas, em leituras de trabalhos científicos, participação em eventos de Educação Matemática e em uma perspectiva própria de estratégias para a aprendizagem de números complexos. O trabalho e estudo desenvolvidos estão disponíveis em <<http://matematicacomplexa.hol.es>>.

Os resultados da experiência vivenciada estão detalhados na dissertação “Números complexos: interação e aprendizagem” (PUHL, 2016), em que os dados coletados com instrumentos como questionários, registros em fotografias, diário de

---

<sup>4</sup> Software de Geometria Dinâmica. Pode ser baixado em [www.geogebra.org](http://www.geogebra.org).

bordo e observações diretas, forneceram indícios do potencial da proposta para a aprendizagem significativa de números complexos.

A realização dessa pesquisa proporcionou contato com professores e estudantes de Engenharia da Universidade de Caxias do Sul (UCS), com o qual se descortinou uma defasagem dos estudantes em operações de números complexos e na compreensão de conceitos necessários para a resolução de problemas em disciplinas cujo foco era, por exemplo, eletricidade. Em um dos estudos (PUHL; LIMA, 2014), percebeu-se que os cursos de Engenharia não possuem disciplina específica que aborde números complexos, ainda que os professores esperem que o estudante conheça esses números, pois integra os conteúdos do Ensino Médio. Além disso, observou-se que muitos estudantes ingressantes de Engenharia não apresentam conhecimento básico necessário de números complexos para aplicá-los nas disciplinas cujo foco é a análise de circuitos elétricos (MORALES; PUHL; LIMA, 2013).

Considerado esse cenário, mapearam-se as pesquisas desenvolvidas para auxiliar os estudantes na aprendizagem de números complexos com aplicação em circuitos elétricos, por meio do banco de teses e dissertações da CAPES. Inicialmente, procurou-se por “números complexos”, resultando 167 pesquisas desenvolvidas. Visando delimitar a busca, utilizou-se “números complexos, ensino superior e circuitos elétricos”, tendo retorno de uma dissertação (ARAÚJO, 2014), que apresenta um estudo de números complexos e analisa circuitos elétricos. A dissertação traz um texto informativo, apresentando a teoria dos circuitos elétricos, e uma lista de exercícios que é voltado para o Ensino Superior, mas não foi aplicado, por não ser a pretensão do pesquisador.

Na busca de mais referências, procurou-se por “números complexos, objeto de aprendizagem e circuitos elétricos”, resultando em uma dissertação (PINTO, 2015), que aborda a criação e aplicação de um objeto de aprendizagem em uma turma de Ensino Médio, do Curso Técnico em Equipamentos Biomédicos. O recurso didático destinou-se a preencher lacunas de aprendizagem, porém não faz referência a desenvolver uma aprendizagem ativa e significativa, além de não ter sido proposta e nem aplicada para estudantes de Engenharia do Ensino Superior.

Dessa forma, tendo sido verificada a falta de recurso didático para o Ensino Superior, tem-se dado continuidade ao estudo realizado no mestrado, com o objetivo de aperfeiçoar o objeto, ou criar um novo, para auxiliar na aprendizagem de

números complexos em nível universitário, principalmente para estudantes de Engenharia Elétrica. A falta ou o pouco conhecimento de números complexos ou, ainda mesmo uma breve instrumentalização para as operações que são necessárias, incita dificuldade na resolução de situações problemas que envolvem esse conjunto numérico. Segundo a teoria de David Ausubel (1980), esta aprendizagem não terá significado se os estudantes não possuem subsunções desenvolvidas o suficiente para ancorar um novo conhecimento, e a aprendizagem será mecânica. Como educadores do século XXI, não é possível contentar-se em ensinar para uma aprendizagem mecânica; os estudantes precisam de estratégias que colaborem para que aprendam significativamente.

Nesta nova proposta de projeto, instaura-se o seguinte problema: O objeto de aprendizagem virtual construído tem potencial, na condição de material didático, como organizador prévio, para promover a aprendizagem significativa de circuitos elétricos de corrente alternada?

A pesquisa desenvolve-se nas seguintes etapas:

- Consulta a professores que ensinam sobre circuitos de corrente alternada, para reportar quais os subsunções necessários para a aprendizagem do conteúdo.
- Levantamento de defasagens de conceitos e operações de números complexos (ou outros tópicos apontados pelos professores), de estudantes do curso de Engenharia Elétrica.
- Estudo de circuitos de corrente alternada para compreendê-los como contextos de aplicação de números complexos.
- Construção de um espaço de aprendizagem, como OA, focado no aprendizado de conceitos e de operações, para analisar os circuitos de corrente alternada.
- Apresentação e discussão do OA com os docentes consultados no início da pesquisa, para que procedam a uma análise do OA como recurso didático.
- Aprimoramento do OA, segundo o parecer dos docentes.
- Criação de uma estratégia de aprendizagem para a análise de circuitos de corrente alternada, utilizando o OA criado.
- Aplicação da estratégia de aprendizagem, com o OA, com estudantes de Engenharia Elétrica.

- Avaliação dos resultados da estratégia de aprendizagem e do OA desenvolvidos, com base em fundamentos da aprendizagem significativa.

Até o presente momento, o estudo tem focado no diagnóstico dos conhecimentos matemáticos necessários para analisar um circuito de corrente alternada. Ao realizar a análise, o estudante não somente deve dominar as operações básicas (soma, subtração, multiplicação e divisão), como também deve compreender a forma trigonométrica dos números complexos. Segundo os professores, a maioria dos estudantes de Engenharia não tem esses conhecimentos e mostraram interesse na proposta, pois se colocaram à disposição para auxiliar na construção do OA e na sua aplicação.

Além do diagnóstico, buscou-se um referencial teórico para fundamentar a construção do OA, que será apresentado a seguir.

## **PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA PESQUISA**

A fundamentação desta pesquisa segue tendências construtivistas para a criação do OA e de uma rota de aprendizagem, sendo a teoria de Ausubel (2003) a que orienta a elaboração de atividades potencialmente significativas de aprendizagem ativa.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), “a essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal)” (1980, p. 34). O conteúdo a ser aprendido deve ser relacionado a conhecimentos já existentes, chamados de subsunçores, o que constitui o ponto mais importante no processo de aprendizagem, pois são âncoras para novos conhecimentos e ideias (MOREIRA, 2011a).

O novo conceito é ancorado à estrutura cognitiva, indicando que há uma relação não arbitrária de aprendizagem (AUSUBEL, 2003); assim, o conhecimento não se restringe a incorporação de novas palavras, regras ou algoritmos (MOREIRA; MASINI, 2006).

Ao compreender um conteúdo, o estudante usa mais que processos de memória, passando a compreender conceitos e relações entre conceitos, bem como fatos que os envolvem, e a refletir sobre eles, o que, conforme Ausubel (2003),

implica em duas características para o desenvolvimento da aprendizagem significativa: a não arbitrariedade e a substantividade.

A não arbitrariedade refere-se à necessidade de que o conteúdo não fique solto na mente do estudante. Pelo contrário, devem-se estabelecer ligações entre o novo conhecimento e algum outro que ele já possui na sua estrutura cognitiva, chamado de subsunçor Ausubel (2003). Assim, o conhecimento do estudante vai ampliando-se, enriquecendo-se, construindo-se e reconstruindo-se, com base naqueles que já possui. Se houver construção do conhecimento, os novos conceitos estarão agregados aos subsunçores. Deste modo, o “novo” subsunçor apresentará um nível mais elevado de conhecimento, possibilitando a ancoragem de novos conteúdos (AUSUBEL, 2003).

Em relação à substantividade, essa se refere ao desenvolvimento de uma aprendizagem com sentido e, assim, com compreensão do significado daquilo que é aprendido, indicando aplicabilidade e utilidade. Em outras palavras, a substantividade é o significado do conteúdo. Do que se vivencia e da experiência profissional, tem-se que grande parte dos estudantes fazem perguntas como: “por que vou aprender este conteúdo?” e “no que vou utilizar isso?”, que demonstram a necessidade de compreenderem o significado do conhecimento para que se envolvam e tenham prazer em aprender.

Na falta de subsunçores, o professor pode propiciar a aprendizagem mecânica ou utilizar um organizador prévio, com o propósito de desenvolver uma aprendizagem significativa. Segundo Moreira:

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. É o caso desta introdução: trata-se de um texto inicial, com algumas ideias gerais e um esquema conceitual, que pretende facilitar a aprendizagem significativa das teorias de aprendizagem enfocadas nos textos (2011b, p. 11).

Completando esse pensamento, “os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como ‘pontes cognitivas’”. (MOREIRA; MASINI, 2006, p. 21). Quer dizer, o organizador prévio serve como estrutura básica para se alcançar um novo conhecimento. Somente com tal concepção é possível a criação de um material didático potencialmente significativo. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

O material providenciado pelo professor deve ser bem elaborado, para que o estudante manuseie, interaja e consiga aprender (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Ao planejar o material potencialmente significativo, o professor intenciona atuar como mediador, promovendo questionamentos e diálogos entre e com os alunos, contribuindo para que “saibam aprender”, transformando o espaço escolar num ambiente agradável, inovador, dinâmico e flexível. Com essas condições de aprendizagem, o estudante passa a ser ativo no processo, dialogando, questionando e buscando o conhecimento, sempre em interação.

Um exemplo de método de aprendizagem ativa é a *Problem-Based Learning* (PBL), traduzida como aprendizagem baseada em problemas. A PBL é uma estratégia de aprendizagem colaborativa e contextualizada, na qual é lançada uma situação-problema, para iniciar e motivar a aprendizagem de novos conceitos, permitindo que os estudantes interajam, dialoguem e troquem ideias para resolver um problema proposto (RIBEIRO, 2010). Segundo esse autor, os princípios da PBL possuem características em comum com os da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. O diálogo questionador, guiado por exploração de ideias, propicia ações de pensamento que auxiliam na construção de significados e de conceitos. Estes questionamentos, focados no que deve ser aprendido, instigam o estudante a refletir, antecipando resultados, levantando hipóteses e criando estratégias de resoluções, sendo assim, um sujeito ativo na construção de seu conhecimento.

A aprendizagem ativa é, portanto, assim denominada, pois pressupõe a ação de quem aprende, não apenas ou necessariamente indicando manipulações ou movimentos físicos; requer principalmente ações cognitivas, de estruturas de pensamento. Bonwell e Eison (1991, p. 2) consideram algumas características ou aspectos que evidenciam um ambiente favorável ao desenvolvimento de aprendizagem ativa, como empenho dos estudantes em atividades de elevado nível cognitivo, como análise, síntese e avaliação e a ênfase na exploração de valores e atitudes.

Para se promover esse contexto favorável de aprendizagem, tem-se como possibilidade o uso da tecnologia, que pode ser aliada para desenvolver métodos e estratégias de aprendizagem ativa. Nesta perspectiva, a geometria dinâmica e interativa pode ser utilizada pelos professores no processo da construção do conhecimento (BARIN; BASTOS; MARSHALL, 2013). Existem softwares e outros recursos, como objetos de aprendizagem, que podem auxiliar, principalmente, na

visualização geométrica, possibilitando a exploração de diferentes situações e a construção de conjecturas que colaboram para dar sentido a ideias e conceitos. Ao construir uma figura geométrica, o estudante tem um ponto de partida, podendo, então, realizar testes transformando-a quantas vezes quiser, em novas experimentações, visando reformar, confirmar ou refutar suas hipóteses (GRAVINA, 1996).

Esses referenciais teóricos embasarão a criação do OA e da rota de aprendizagem. Dando continuidade, para avaliar se o material construído foi potencialmente significativo serão criadas categorias para distinguir os estudantes em níveis de aprendizagem, segundo os princípios de diferenciação progressiva, reconciliação integradora, organização sequencial e consolidação, que são propostos por Ausubel (2003).

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A abordagem desta pesquisa é predominantemente qualitativa, um método de análise que valoriza mais o processo do que os resultados finais (BORBA; ARAÚJO, 2013; BORTONI-RICARDO, 2008). A pesquisa estará inserida em diversos ambientes do contexto acadêmico, onde será analisada a eficiência de uma rota de aprendizagem, uma sequência didática construída visando desenvolver uma aprendizagem ativa e significativa de circuitos elétricos de corrente alternada. O foco da investigação é a compreensão de fenômenos que se referem ao processo de aprendizagem dos estudantes.

O estudo está voltado para o Ensino Superior, principalmente para estudantes de Engenharia Elétrica. Mapeou-se, além do conhecimento sobre números complexos que possuem, os conceitos e as operações que os docentes de Engenharia Elétrica esperam que os acadêmicos tenham consolidado em sua estrutura cognitiva. Esse contexto proporcionará elementos para iniciar a construção do OA e da rota de aprendizagem direcionada a conceitos e operações para analisar circuitos elétricos de corrente alternada.

Além de verificar a aprendizagem dos estudantes, será realizada uma avaliação do OA construído, seguindo um modelo criado por Tarouco (2004), em que os estudantes recebem formulários para avaliar aspectos pedagógicos e técnicos referentes à qualidade de conteúdo, à usabilidade e ao potencial do OA

como recurso de ensino. Quanto aos dados para as análises, pretende-se que sejam de diferentes fontes, oriundos da utilização de diversos métodos e instrumentos, como informações qualitativas e quantitativas, entrevistas, questionários, mídias, diálogos informais, registros do professor em diário de bordo e observações (BORTONI-RICARDO, 2008; FLICK, 2009). A utilização de diferentes métodos está de acordo com triangulação, uma forma utilizada para qualificar a pesquisa qualitativa e relacionar métodos qualitativos e quantitativos (FLICK, 2009). Dentre os diversos conceitos de triangulação (FLICK, 2009), um que se aproxima da forma como está concebida esta pesquisa é apresentado por Borba e Araújo: “A triangulação em uma pesquisa qualitativa consiste na utilização de vários e distintos procedimentos para obtenção dos dados” (2013, p. 41) e tem “a função de contribuir para mais embasar os dados e a interpretação” (FLICK, 2009, p. 68), fornecendo variados indícios para qualificar a pesquisa.

A utilização de diferentes métodos propõe diversas interpretações sobre o objeto de estudo, numa perspectiva interpretativa que busca a sua compreensão e não a sua validação (GIBBS, 2009). A triangulação busca recursos que se complementem para uma análise adequada dos resultados. Segundo Flick (2009), ao se utilizar diversos métodos, as soluções não serão iguais, mas devem levar para resultados que convergem ou que se complementem entre si e, segundo Borba e Araújo (2013), não devem servir para julgar um procedimento como certo ou errado, mas para aumentar a confiabilidade da pesquisa, como também a sua qualidade.

Inseridos no contexto da pesquisa, os docentes de Engenharia Elétrica terão um papel fundamental na análise e avaliação do potencial do OA construído, para apontar aspectos que devem ser aperfeiçoados, antes da aplicação da rota de aprendizagem com os estudantes de Engenharia Elétrica. Assim, os docentes serão parceiros para fornecer dados que qualifiquem a pesquisa.

Quanto ao delineamento, este trabalho caracteriza-se como pesquisa-ação, pois o pesquisador está inserido no contexto estudado, uma vez que além de observar, compreender os fenômenos estudados, intervém nas ações. Este delineamento vem sendo utilizado frequentemente em estudos da área da educação (THIOLLENT, 2004). Segundo Borba e Araújo (2013), o principal sentido da pesquisa-ação é o de que o pesquisador pesquisa e reflete sobre a sua própria prática, intervindo nas ações (BORTONI-RICARDO, 2008).

A pesquisa-ação e a triangulação são, portanto, procedimentos congruentes. A abordagem qualitativa, a triangulação e a pesquisa-ação estão entrelaçadas através dos diversos procedimentos que serão utilizados para avaliar as ações, as questões e os processos pedagógicos a serem construídos no decorrer desta pesquisa.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O projeto de pesquisa descrito está sendo estudado e planejado para auxiliar os estudantes de Engenharia, com o objetivo de desenvolver uma aprendizagem ativa e significativa sobre números complexos para aplicá-los na análise de circuitos elétricos de corrente alternada. Com o auxílio de professores de Engenharia, propõe-se desenvolver um organizador prévio, em forma de um objeto de aprendizagem virtual, permitindo que o tempo em aula seja aproveitado para explorar os elementos dos circuitos elétricos, tendo sido supridas lacunas de aprendizagem providas do Ensino Médio.

Com o desenvolvimento da pesquisa em andamento, têm-se alguns resultados de parte de uma das etapas, já realizada, que é de verificar se os estudantes apresentam dificuldades para realizar operações básicas com números complexos. Buscando indícios dessas defasagens, aplicou-se um questionário a 103 estudantes de Engenharia Elétrica, dos quais 83,5% afirmaram ter estudado números complexos. Ao propor exercícios envolvendo operações de adição, multiplicação e divisão, muitos estudantes apresentaram dificuldades: 26% acertaram a soma, 3% multiplicaram corretamente e apenas 2% realizaram a divisão de dois números complexos, e utilizaram uma calculadora para obter o resultado. Após efetuarem as operações, somente 4% dos estudantes afirmaram que saberiam operar com números complexos sem dificuldades, comprovando o relato dos professores entrevistados.

A defasagem dos estudantes, identificada nas dificuldades de realizar operações básicas com números complexos, que são fundamentais para a análise de circuitos elétricos de corrente alternada, já é um indicativo que justifica o planejamento e a criação de um objeto de aprendizagem para compreender conceitos e operar com números complexos. Praticamente, a totalidade dos estudantes, 99%, manifestou o interesse em contar com um recurso tecnológico

para aprender ou recuperar conhecimentos sobre números complexos (PUHL, 2016).

Desta forma, pretende-se que o objeto de aprendizagem seja um organizador prévio que colabore para o aprimoramento da aprendizagem dos estudantes, diminuindo taxas de reprovação e evasão em cursos de Engenharia, causadas, em grande parte, pela falta de conhecimento matemático, consolidado (subsunçor) na estrutura cognitiva do estudante, que serve de âncora para a construção de conhecimentos em diferentes disciplinas da formação básica ou profissionalizante.

Na continuidade da pesquisa, através de um ambiente investigativo, com estratégias de aprendizagem ativa e significativa, intenta-se conseguir resultados satisfatórios em cada uma das etapas deste estudo. Concluindo com êxito a pesquisa relatada neste trabalho, ou em etapas do seu desenvolvimento, serão realizadas novas divulgações para que os resultados, especialmente os mais voltados ao objeto de aprendizagem, possam ser aproveitados por professores que enfrentam essa dificuldade na sua disciplina ou por estudantes que possuem essas lacunas de aprendizagens.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Bruno Lima de. **Aplicabilidade dos números complexos nos circuitos elétricos em corrente alternada**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, 2014.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARIN, Cláudia Smaniotto; BASTOS, Giséli Duarte; MARSHALL, Débora. A elaboração de material didático em ambientes virtuais de ensino-aprendizagem: o desafio da transposição didática. **Renote**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, jul. 2013.

BATISTA, Sílvia Cristina Freitas et al. Investigando em C: uma unidade de aprendizagem online para estudo de números complexos. **Renote**, v. 7, n. 1, 2009.

BONWELL, Charles C.; EISON, James A. **Active learning: Creating excitement in the classroom**. Washington, D.C: The George Washington University, School of Education and Human Development. 1991.

BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Loiola (Org.). **Pesquisa qualitativa em educação matemática**. 5.ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

BORTONI-RICARDO, Stella Maris. **O professor pesquisador**: introdução à pesquisa qualitativa. São Paulo: Parábola, 2008.

FLICK, Uwe. **Qualidade na pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

GIBBS, Graham R. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

GRAVINA, Maria Alice. Geometria dinâmica: uma nova abordagem para o aprendizado da Geometria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 7., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1996.

MELLO, Sívio Quintino de; SANTOS, Renato Pires dos. O ensino de matemática e a educação profissional: a aplicabilidade dos números complexos na análise de circuitos elétricos. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 7, n. 2, p. 51-64, jul./dez. 2005.

MORALES, Andréa Cantarelli; PUHL, Cassiano Scott; LIMA, Isolda Gianni de. Números complexos e corrente alternada: um contexto interdisciplinar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Educação na era do conhecimento**. Gramado: UFRGS, 2013.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa. In: MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria de Física, 2011a.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. ampl. São Paulo: EPU, 2011b.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

PINTO, José Eustáquio. **Objeto de aprendizagem para o ensino de números complexos com aplicações na área técnica em eletroeletrônica**. 2015. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2015.

PUHL, Cassiano Scott. **Números complexos**: interação e aprendizagem. 2016. 244 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2016.

PUHL, Cassiano Scott; LIMA, Isolda Gianni de. From Vectors to the Complex Numbers. In: Active Learning in Engineering Education Workshop, 12., 2014, Caxias do Sul. **Attracting young people to engineering**. Brasília: ABENGE, 2014. p. 300 – 307.

RIBEIRO, Luiz Roberto de Camargo. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL):** uma experiência no ensino superior. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. **Avaliação de objetos de aprendizagem.** 2004.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** 13. ed. São Paulo: Cortez, 2004.