

Ilha das operações: um recurso educacional digital com múltiplas representações para a compreensão do campo aditivo

Juscileide Braga de Castro¹, Francisco Youri Miranda de Freitas¹, Lidya de Lima Monteiro Rufino¹, Joyce da Silva Sousa¹, Rayssa Melo de Oliveira¹, Nassara Maia Cabral Cardoso Gomes¹, Márcia Duarte Medeiros¹, José Aires de Castro Filho¹

¹Grupo de Pesquisa e Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem - PROATIVA. Instituto UFC Virtual, Universidade Federal do Ceará.

juscileide@virtual.ufc.br; {yourimiranda, lidyamont, joycedssousa, rayssamelodeoliveira, nassaramaia}@gmail.com; {marcia, aires}@virtual.ufc.br

***Abstract.** This work presents the Digital Educational Resource (DER) Island of Operations: in search of the Somartius and Subtrartius stones, developed to explore concepts present in situations of the additive field. The DER was developed by a multidisciplinary group, with HTML5, Java Script and CSS. From the pedagogical point of view, this DER is intended for the 3rd year of Elementary School, according to the BNCC, and can be used inside or outside the classroom, for solving exercises and for diagnostic evaluation. With the support of gamification and an interactive interface with multiple representations (textual, numerical, pictorial), the user is invited to solve situations of composition and transformation of quantities, that is, with the ideas of joining, separating, adding and removing.*

***Resumo.** Este trabalho apresenta o Recurso Educacional Digital (RED) Ilha das Operações: em busca das pedras Somartius e Subtrartius, desenvolvido para explorar conceitos presentes em situações do campo aditivo. O RED foi desenvolvido por grupo multidisciplinar, com HTML5, Java Script e CSS. Do ponto de vista pedagógico, este RED destina-se ao 3º ano do Ensino Fundamental, de acordo com a BNCC, podendo ser usando dentro ou fora de sala de aula, para resolução de exercícios e para avaliação diagnóstica. Com o suporte da gamificação e interface interativa com múltiplas representações (textual, numérica, pictórica), o usuário é convidado a resolver situações de composição e de transformação de quantidades, ou seja, com as ideias de juntar, separar, acrescentar e retirar.*

1. Introdução

O ensino de Matemática costuma ser um grande desafio para a escola. Em se tratando de resolução de situações-problemas, é comum abordagens dando ênfase a modelos, a aplicações de fórmulas e a resolução de exercícios repetitivos, muitas vezes, desvinculados da realidade. Há ainda práticas em que se reforça o uso de palavras-chave, como: “ganhar”, “receber”, “mais”, relacionando-as à operação de adição, além de palavras como: “dar”, “perder”, “emprestar”, “menos”, associadas à operação de subtração, o que pode não ser uma boa estratégia, por poder induzir o estudante ao erro [Magina et al 2010].

As dificuldades em resolver situações-problemas do campo aditivo, ou seja, que envolvem as operações de adição e de subtração, podem ser verificadas em pesquisas como as de Magina et al (2010), ou ainda, por meio do Sistema de Avaliação de Educação Básica (SAEB), a partir do resultado das avaliações de larga escala [Brasil 2019].

De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 51,10% dos estudantes terminam o 5º do Ensino Fundamental sem serem capazes de: determinar o resultado da subtração entre números naturais de até cinco ordens,

utilizando as ideias de retirar e comparar; resolver problemas envolvendo a análise do algoritmo da adição de dois números naturais; e resolver problemas envolvendo a adição e a subtração de cédulas e moedas [Brasil 2019].

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento norteador dos currículos das escolas brasileiras, indica que as habilidades de resolver situações do campo aditivo sejam desenvolvidas a partir do 1º ano e por todo Ensino Fundamental, explorando as ideias de juntar, de separar, de acrescentar, de retirar, de completar e de comparar, com o uso de diferentes estratégias [Brasil 2017]. Assim como a BNCC, pesquisas [Magina et al 2010; Tyler, Prain e Peterson 2007; Vergnaud 2009] indicam que estas habilidades precisam de um longo período para serem desenvolvidas, assim como devem ser exploradas ponderando as diferentes ideias abordadas.

Há ainda que se considerar, a partir dos estudos de Vergnaud (2009) sobre a Teoria dos Campos Conceituais (TCC), que os conceitos matemáticos passam a ter sentido a partir de diferentes situações e de um conjunto de representações. Tendo esta premissa, pesquisas como as de Tyler, Prain e Peterson (2007) e de Castro (2016) asseveram a importância do trabalho com diferentes representações (icônica, tabular, gráfica, dentre outras), como forma de mobilizar diferentes invariantes e trazer significado para os estudantes, durante a resolução das situações.

Neste sentido, as tecnologias digitais podem ser utilizadas como forma de explorar as múltiplas representações, de forma dinâmica e interativa, contribuindo para o desenvolvimento conceitual [Castro 2016, Castro et al 2020]. Tendo em vista a crescente expansão e utilização das tecnologias digitais na escola, evidencia-se que a aplicação desses artefatos em sala de aula tem potencial para a construção dos conteúdos curriculares. Ressalta-se que a BNCC indica a cultura digital como uma competência geral que precisa ser trabalhada nas escolas brasileiras [Brasil 2017].

Haja visto o potencial das múltiplas representações e as dificuldades conceituais que os estudantes do Ensino Fundamental costumam ter diante da resolução de situações aditivas, desenvolveu-se o RED Ilha das Operações: em busca das pedras *Somartius* e *Subtrartius*. Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar e descrever o processo de criação e suas estratégias para facilitar o processo de aprendizagem acerca de situações do campo conceitual aditivo.

Esse artigo está dividido em quatro seções. A primeira, a introdução, na qual discutem-se problemas que justificam a produção do RED Ilha das operações, assim como sua relevância para as escolas. A seção seguinte relata o processo de desenvolvimento do RED, assim como as linguagens de programação utilizadas. Já a terceira seção traz uma descrição detalhada do RED. Por fim, tem-se as considerações finais.

2. Processo de Desenvolvimento

O RED Ilha das Operações¹: em busca das pedras *Somartius* e *Subtrartius* faz parte de uma das ações previstas pelo Projeto Mídias na Educação (MIDE) financiado pelo Ministério da Educação (MEC). O RED foi desenvolvido por grupo multidisciplinar composto por Licenciados em Matemática, graduandos e graduados em Pedagogia, professores da graduação e pós-graduação, bem como profissionais das áreas de *design* e programação, todos vinculados ao Grupo MIDE (Mídias Digitais na Educação). Tais profissionais constituem duas equipes principais: pedagógica e técnica.

¹ Disponível em: <https://mide-ilha-das-operacoes-2.netlify.com/>

A equipe pedagógica ficou responsável em definir as habilidades da BNCC a serem exploradas, a partir de estudos e pesquisas das dificuldades que os estudantes das escolas da Educação Básica têm em relação a determinados conteúdos. Com a definição das habilidades e do público-alvo, o documento de contextualização do RED é elaborado. Este documento também apresenta a proposta de narrativa e de elementos de gamificação do RED.

Optou-se por utilizar elementos de gamificação como forma de possibilitar o engajamento dos usuários às atividades propostas no RED. Concorde-se com Silva, Sales e Castro (2018, p. 76) que “um dos desafios na criação de ambientes gamificados é saber como estimular e relacionar efetivamente as duas formas de motivação (extrínseca e intrínseca)”, por isso, destacou-se, além da narrativa, os quatro elementos principais de um *game*: voluntariedade, regras, objetivos e *feedbacks*.

Com a finalização do documento de contextualização e da aprovação de todas as equipes envolvidas, o *storyboard* é iniciado pela equipe pedagógica. O *storyboard* é um documento onde estão organizadas a sequência de telas, os textos, as atividades, assim, como todo o fluxo de uso do RED. Com a finalização deste documento e a aprovação de todo o grupo, a equipe técnica inicia materialmente seus trabalhos.

A equipe técnica ficou encarregada das proposições de elementos gráficos, sonoros, fluidez das interações e ferramentas de programação. Destaca-se a integração entre as equipes como fator marcante durante as etapas de desenvolvimento. Neste sentido, como primeira ação, a equipe técnica prepara protótipos de baixo nível² para verificar compreensões sobre a navegabilidade, elementos de interação e de gamificação, possibilitando uma maior materialidade da proposta às equipes.

O protótipo foi aprovado pela equipe pedagógica, que levou em consideração os elementos propostos no *storyboard* e a adequação pedagógica da proposta. Com a aprovação do protótipo, as telas do RED são produzidas pela equipe de *design* e a equipe de programação inicia a etapa de implementação. Na etapa de implementação três linguagens principais foram utilizadas, sendo estas: *HTML5* (marcação), *JavaScript* (programação) e *CSS* (estilo). Foi utilizado como *framework* para desenvolvimento o *AngularJS*, mais especificamente o modelo *angular-webpack-config*, que facilitou a programação ao dividi-la em estados bem definidos. Para o desenvolvimento foi utilizado também o *SASS*, uma linguagem que pré-processa o *CSS*, ajudando na organização do estilo e diminuindo o tamanho dos arquivos que eram modificados durante o desenvolvimento, ao passo que os reunia quando partiam para a produção. O tamanho do arquivo era algo importante para a equipe, visto que se pretende que este RED possa funcionar *online* e *offline*, podendo se adequar as diferentes realidades de escolas.

Enquanto a equipe técnica trabalha na implementação do RED, a equipe pedagógica elabora o guia de orientações didáticas³ para o professor. Este documento é feito em *HTML*, sendo disponibilizado *online*, permitindo que um *PDF* seja gerado. O objetivo deste documento é orientar o professor antes, durante e após a utilização do jogo. Para isso, são apresentados os objetivos, uma descrição detalhada das funcionalidades do RED, são dadas sugestões de atividades a serem desenvolvidas antes e durante a utilização do referido material, assim como são sugeridos materiais complementares, que podem ser textos para leitura e aprofundamento ou mesmo outros RED, que podem ser utilizados para auxiliar no desenvolvimento de conceitos matemáticos.

² Foram usados como protótipos de baixo nível, imagens com baixa definição e em preto e branco, com o objetivo de visualizar as funcionalidades.

³ O guia do professor para a utilização do RED Ilha das Operações: em busca das pedras *Somartius* e *Subtrartius*, está disponível em: <https://guia-ilha-das-operacoes-2.netlify.app/#!/apresentacao>

Com a finalização do RED e do guia do professor, as equipes realizam os testes e as avaliações, o que inclui a revisão textual do RED e do Guia de orientações didáticas por uma profissional da área externa ao projeto. Este momento é vivenciado pelas equipes pedagógica e técnica e tem como objetivo verificar se o que foi planejado está compatível em termos de funcionalidade pedagógica e técnica com o que foi implementado.

O RED Ilha das Operações: em busca das pedras *Somartius* e *Subtrartius* já passou pela etapa de testes pedagógicos, necessitando, ainda, ser validado na escola, junto ao público-alvo, podendo, em breve, ser disponibilizado na Plataforma MEC de RED⁴. Ele possui Licença *Creative Commons 4.0* e, ainda que não seja responsivo, é multiplataforma, pois funciona em celulares e em *tablets* que tenham acesso à Internet por um navegador.

A seção 3 apresenta os aspectos pedagógicos do Ilha das Operações.

3. O RED Ilha das Operações: em busca das pedras *Somartius* e *Subtrartius*

O RED Ilha das Operações⁵: em busca das pedras *Somartius* e *Subtrartius* pode ser classificado como um jogo, que tem como público-alvo os estudantes do 3º ano do Ensino Fundamental ou estudantes de outros níveis que tenham dificuldades na resolução de situações do campo aditivo. Este RED é um protótipo que faz parte de uma série de três RED que exploram diferentes ideias do campo aditivo e multiplicativo, utilizando a Ilha das Operações como metáfora para os Campos Conceituais [Castro et al, 2020].

O RED prevê o desenvolvimento de habilidades da BNCC, em especial, da unidade temática Números, com objetos de conhecimentos relacionados com a compreensão das operações e o desenvolvimento de diferentes estratégias, assim como a resolução de problemas com diferentes significados da adição e da subtração [Brasil 2017], (quadro 1).

Quadro 1 - Objetos do conhecimento e Habilidades do RED Ilha das Operações

Objetos do conhecimento	Habilidades de Matemática
Construção de fatos fundamentais da adição, subtração e multiplicação	(EF03MA03) Construir e utilizar fatos básicos da adição e da multiplicação para o cálculo mental ou escrito.
Procedimentos de cálculo (mental e escrito) com números naturais: adição e subtração.	(EF03MA05) Utilizar diferentes procedimentos de cálculo mental e escrito, inclusive os convencionais, para resolver problemas significativos envolvendo adição e subtração com números naturais.
Problemas envolvendo significados da adição e da subtração: juntar, acrescentar, separar, retirar, comparar e completar quantidades	(EF03MA06) Resolver e elaborar problemas de adição e subtração com os significados de juntar, acrescentar, separar, retirar, comparar e completar quantidades, utilizando diferentes estratégias de cálculo exato ou aproximado, incluindo cálculo mental.

Além das habilidades previstas pela BNCC, destacam-se a exploração de competências gerais, como às relacionadas ao Conhecimento; à Comunicação e à Cultura Digital. Verificam-se ainda competências específicas da Matemática, sendo elas:

Competência 5: Utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas de conhecimento, validando estratégias e resultados.

⁴ Disponível em: <https://plataformaintegrada.mec.gov.br/home>

⁵ Vídeo demonstrativo disponível em:

https://drive.google.com/file/d/105-vkIZI_CgOwzKEHnF_zth-OYIKUvZ0/view

Competência 6: Enfrentar situações-problema em múltiplos contextos, incluindo-se situações imaginadas, não diretamente relacionadas com o aspecto prático-utilitário, expressar suas respostas e sintetizar conclusões, utilizando diferentes registros e linguagens (gráficos, tabelas, esquemas, além de texto escrito na língua materna e outras linguagens para descrever algoritmos, como fluxogramas, e dados) [Brasil 2017, p.267].

De acordo com a Base, as competências são importantes para ajudar na mobilização dos conceitos e compreensão de procedimentos, logo, as habilidades podem ser mobilizadas a partir das competências.

Em termos teóricos, o RED fundamenta-se na TCC, explorando elementos do Campo Aditivo. O Campo Conceitual Aditivo envolve conceitos como os de medida, de transformação, de comparação, de diferença, de inversão, entre outros. A compreensão da adição e da subtração envolve vários aspectos além do cálculo numérico ou da identificação do problema como uma conta de mais ou de menos. Para Vergnaud (2009), os problemas de adição e de subtração podem ser divididos em 6 tipos, contudo, este RED contempla apenas dois tipos de situação: composição e transformação.

Considerando as características do RED e a faixa etária, compreende-se que é preciso manter a granularidade, ou seja, garantir o menor tamanho possível com todas as informações e conceitos que são essenciais [Braga et al 2012]. Desta maneira, optou-se por não explorar todas as situações aditivas no RED, podendo fazer isso a partir de uma série.

O RED apresenta como narrativa o cenário de uma ilha dividida em quatro partes e que tem uma montanha em seu centro. No topo desta montanha estão localizadas quatro pedras fundamentais que representam os quatro povos que habitam a ilha e simbolizam o equilíbrio daquelas terras. A Figura 1 mostra as características de cada um destes povos.

Povo	NORTE	SUL	OESTE	LESTE
Situação	Conflitos	Conflitos	Em paz	Em paz
Ocupação	Pescadores	Construtores	Produtores de Frutas	Criadores de Animais
Cor	Azul	Amarelo/Marrom	Verde	Vermelho
Situação	Pedra Perdida	Pedra Perdida	Pedra Ativa	Pedra Ativa
Pedra	 Somartius	 Menostart	 Multiplis	 Divisarios

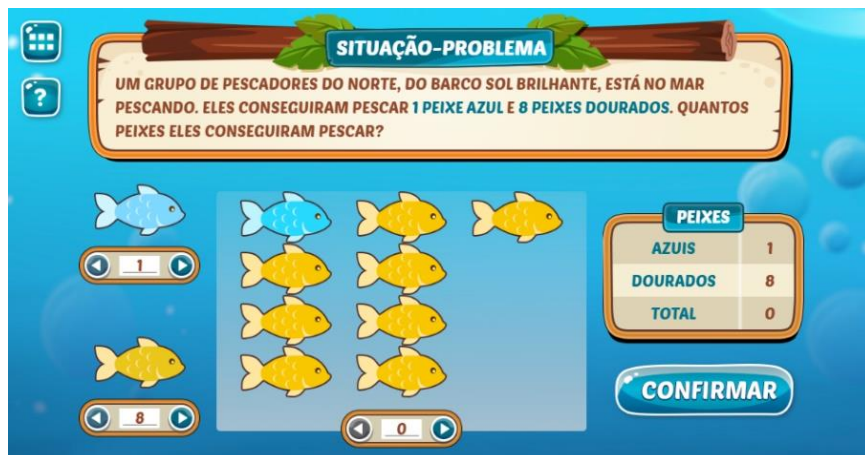
Figura 1. Situação dos povos no RED Ilha das operações

De acordo com a narrativa, os povos do Leste e do Oeste estão em harmonia, mas o medo de não sobreviver toma conta dos habitantes do Norte e do Sul, fazendo com que suas respectivas pedras desapareçam, iniciando o processo de destruição da ilha. Porém, há uma profecia muito antiga que anuncia um salvador. Esta profecia é anunciada pelo guardião das pedras, o grande Matemático, que acompanha o jogador por todos os desafios na ilha.

Nesse contexto, o jogador torna-se fundamental para restaurar o equilíbrio da ilha, de modo que ele encontre as pedras desaparecidas e as coloque de volta no topo da montanha, antes que a destruição da ilha aconteça. Para que essa missão seja realizada, é necessário resolver situações, apresentadas de forma linear no jogo. Estas situações são desafios que estão relacionados com os povos em conflito (adição e/ou subtração) e as suas necessidades. À

medida que o jogador resolve os desafios, ganha itens que serão usados na resolução das situações seguintes e que farão parte de seu inventário.

Para o primeiro desafio, o usuário resolve três situações-problema de composição, em que são conhecidas as partes e se deseja encontrar o total. Ainda que este tipo de situação explore as ideias de juntar e de separar, nesta primeira fase, tem-se apenas a ideia de juntar (Figura 2). A ideia de separar é explorada na fase seguinte (Figura 3)



Relação de base

Composição de quantidades

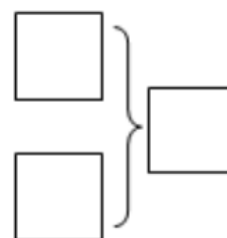
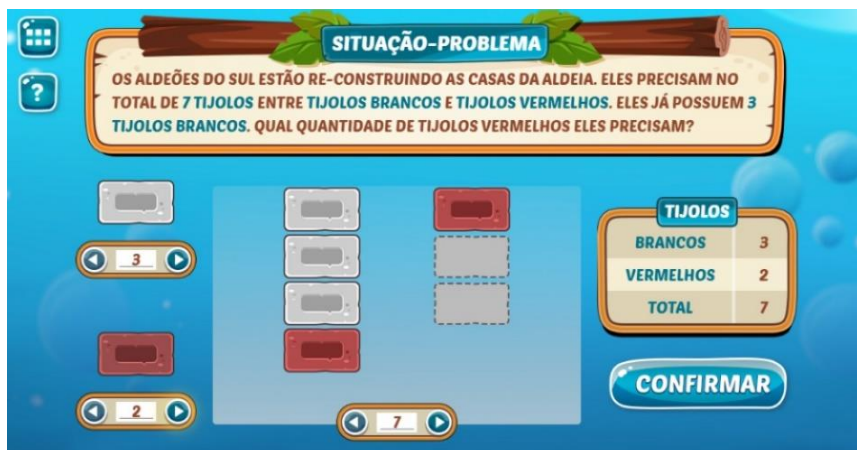


Figura 2. Primeira interface de desafios para conquistar as pedras e relação de base utilizada

A Figura 2 mostra que a temática envolve elementos de pesca, representando as atividades realizadas pelos habitantes do Norte. Essa situação apresentará duas quantidades de peixes e solicitará que informe o total das quantidades. Os valores envolvidos na situação variam de modo randômico a cada vez que são jogados, de modo a que as respostas não sejam memorizadas. Esse desafio é composto por três níveis de dificuldade. Em caso de erro, o jogador recebe o *feedback* imediatamente, podendo refazer o desafio. Após encontrar as respostas corretas, o usuário recebe um tesouro do povo ajudado, a concha milenar, e poderá dar continuidade à aventura.

A Figura 3 mostra o segundo desafio, em que o jogador também resolve três situações-problemas de composição, com ideia de separar, mas com a temática de construções, representando as atividades realizadas pelo povo do Sul. Essa situação sempre apresenta uma quantidade de um tipo de tijolo, a quantidade total de tijolos e solicita que seja informada a quantidade do outro tipo de tijolo. Assim como nas demais fases, os valores são randômicos e ao finalizar corretamente os desafios, o jogador ganha o martelo primário e pode seguir para a fase final.



Relações de base

Composição de quantidades

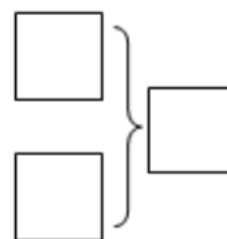


Figura 3. Segunda interface de desafios para conquistar as pedras e relação de base utilizada

No terceiro desafio o usuário resolve situações-problemas de transformação, ou seja, com a ideia de acrescentar e retirar. A temática envolve elementos de pesca e de construção, representando os habitantes dos dois povos (Figura 4). As situações possuem, por natureza, a quantidade inicial, uma transformação e uma quantidade final. Os valores também são randômicos. Com a finalização de todas as fases, o jogador encontrará as duas pedras fundamentais, *Somartius* e *Subtrartius*, salvando a Ilha das Operações.



Relações de base

Transformação de quantidades

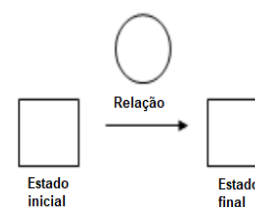


Figura 4. Terceira interface de desafios para conquistar as pedras e relação de base utilizada

Verifica-se que as três fases possuem interfaces diferenciadas (Figura 3, 4 e 5), como forma de atender as relações de base indicadas por Vergnaud (2009). Ressalta-se que os elementos interativos auxiliam visualmente na resolução das atividades propostas. Devido a estas características, foi possível explorar representações textuais e icônicas na interface de resolução das situações, além disso, o usuário pode usar de outras representações e estratégias, como o uso da reta numerada, do algoritmo e do cálculo mental, a depender da orientação do professor. Na sequência, as considerações finais serão dispostas.

4. Considerações Finais

É fato que pesquisadores e professores cada vez mais têm se preocupado em estabelecer novas técnicas e metodologias que facilitem a compreensão de situações problemas do campo aditivo. O RED Ilha das Operações: em busca das pedras *Somartius* e *Subtrartius* foi idealizado e desenvolvido tendo como perspectiva facilitar a compreensão das ideias de juntar, de separar, de acrescentar e de retirar, com o uso de diferentes estratégias dentro de um contexto lúdico e significativo para os estudantes.

Dentre os aspectos inovadores do RED, destaca-se o uso de uma narrativa gamificada como forma de propiciar engajamento do usuário, trazendo elementos desafiadores, temporalidade e bonificações; além da interface interativa, que explora as múltiplas representações.

O cenário de fantasia é algo bastante comum entre crianças da faixa etária proposta. Nesse cenário, foram inseridas situações que contextualizam o uso de operações do campo aditivo como a ideia de juntar e separar e de acrescentar e retirar. Esses cenários, aliados ao uso de múltiplas representações como imagens, números e tabelas, estimulam a reflexão dos estudantes potencializando sua compreensão conceitual.

Um aspecto importante é a fundamentação do RED em uma teoria que tem sua eficácia comprovada por estudos já realizados anteriormente. Além disso, também se ressalta o alinhamento com a BNCC, proposto para servir de guia básico na elaboração dos currículos escolares no Brasil.

O RED Ilha das Operações: em busca das pedras Somartius e Subtrartius é um protótipo, estando em processo de validação junto ao público-alvo. Esta validação conta com a aplicação do recurso com alunos do 3º ano do Ensino Fundamental. Espera-se que a utilização desse recurso auxilie professores no ensino e os alunos na aprendizagem de situações do campo aditivo.

Referências

- Braga, J.; Dotta, S. C.; Pimentel, E.; Stransky, B. (2012). “Desafios para o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis e de Qualidade”. In: DesafIE - Workshop de Desafios da Computação aplicados à Educação, Curitiba. Anais do DesafIE - Workshop de Desafios da Computação aplicados à Educação, 2012.
- Brasil (2019) “Relatório SAEB 2017” Brasília, DF: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.
- Brasil (2017) “Base Nacional Comum Curricular”. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, Brasília, DF: SEB.
- Castro, J. B., Freitas, F. Y. M., Rufino, L., Sousa, J. S., Souza, N., Medeiros, M. D., Souza, M; Castro Filho, J. A. (2020). Ilha das Operações: Um Recurso Educacional Digital com Múltiplas Representações para a Compreensão do Campo Multiplicativo. In “Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação”, p. 668-674. Porto Alegre: SBC.
- Castro, J. B. (2016) “Construção do conceito de covariação por estudantes do Ensino Fundamental em ambientes de múltiplas representações com suporte das tecnologias digitais” 2016. 275 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Educação Brasileira, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Magina, S. P.; Santana, E. R. S.; Cazorla, I. M.; Campos, T. M. M. (2010) As Estratégias de Resolução de Problemas das Estruturas Aditivas nas Quatro Primeiras Séries do Ensino Fundamental. “Zetetiké”, Unicamp, v. 18 n. 34, p. 15-50.
- Silva, J. B.; Sales, G. L.; Castro, J. B. (2018) “Gamificação de uma sequência didática como estratégia para motivar a atitude potencialmente significativa dos alunos no ensino de óptica geométrica”. In: VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2018).
- Tytler, R.; Prain, V.; Peterson, S. (2007) Representational issues in students learning about evaporation. “Research in Science Education”, v. 37, p. 313-331.
- Vergnaud (2009) “A criança, a matemática e a realidade: problemas do ensino da matemática na escola elementar”. Tradução Maria Lucia Faria Moro; revisão técnica Maria Tereza Carneiro Soares. Curitiba: Editora da UFPR.