

Aplicando os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas como modelo instrucional no contexto de uma feira de ciências

Daniel Fábio Salvador¹, Luiz Gustavo Ribeiro Rolando², Débora Batista de Oliveira¹ e Roberta Flávia Ribeiro Rolando Vasconcellos¹

¹CECIERJ, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a distância do estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. ²Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil. Emails: salvador@cecierj.edu.br, gustavor@ioc.fiocruz.br, eadroberta@gmail.com deboraaliveira1506@gmail.com

Resumo: O presente estudo investigou a aplicação dos princípios da aprendizagem baseada em problemas como modelo instrucional para orientação de estudantes de ensino médio na realização de projetos apresentados à comunidade escolar em uma feira de ciências. A maioria dos estudantes declarou ter aprendido e aprofundado seu conhecimento sobre o tema abordado na criação dos projetos. As taxas de correspondência entre os objetivos dos professores e os tópicos de aprendizagem gerados pelos estudantes foi de 50% para identificação dos conceitos chave, de 66% para os termos difíceis ou palavras desconhecidas no início da intervenção e de 100% ao final do processo, com 92% dos estudantes identificando três ou mais aspectos importantes. Além disso, foi identificado que 33% dos grupos conseguiram reter o aprendizado um mês após intervenção. Os professores tiveram uma percepção positiva da aplicação da intervenção, considerando que os benefícios podem ser estendidos para o cotidiano da sala de aula.

Palavras-chave: aprendizagem baseada em problemas, feira de ciências, ensino de ciências.

Title: Applying the principles of problem-based learning as instructional model in the context of a science fair.

Abstract: The present study investigated the application of the principles of problem-based learning as an instructional model directed to guidance of high school students in projects presented to the school community in a science fair. Most students claimed to have learned and deepened their knowledge on the topic addressed in the creation of projects. The correspondence rates between instructor objectives and the learning topics created by the students was 50% for the identification of key concepts, 66% for difficult or unknown words at the beginning of the intervention and 100% at the end of the process, when 92% of the students identified three or more topics. Furthermore, it was identified that 33% of the groups were able to retain the learning one month after the intervention. Teachers had a positive perception of the implementation of the intervention, since the benefits can be extended to the everyday classroom.

Keywords: problem-based learning, science fair, science education.

Introdução

O ensino de ciências no Brasil passou ao longo das últimas décadas por inúmeras abordagens, influenciadas por políticas públicas e diferentes concepções epistemológicas, que por sua vez, têm direcionado os programas de formação inicial e continuada de professores desenvolvidos pelas instituições superiores de ensino (Villani, Almeida Pacca, & Freitas, 2009). A estrutura do conhecimento científico e de seu potencial explicativo e transformador pode garantir uma visão abrangente dos processos, produtos e da conceituação envolvida nos modelos e teorias científicas (Delizoicov, Angotti, y Pernambuco, 2002). Dessa forma, o ensino de ciências precisa estar voltado para a criação de estímulo ao aprendizado autônomo e investigativo, onde a ciência torna-se instigante e surpreendente, em vez da reprodução de conceitos estáticos e meramente memorizados, entendendo que ensinar, mais que transferir conhecimento deve criar possibilidades para sua construção e produção autônoma (Freire, 1996).

Nossa sociedade e cultura exigem que os saberes científico, escolar e popular sejam aproximados, de forma a uma apropriação e aplicação prática no cotidiano dos sujeitos envolvidos (Araújo-Jorge, Barbosa, y Lemos, 2006). As atuais necessidades formativas em termos de qualificação humana, explicitadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, exigem a reorganização dos conteúdos trabalhados e das metodologias empregadas, delineando a organização de novas estratégias para a condução da aprendizagem de ciências (Lima y Borges, 2007).

Em um mundo como o atual, de tão rápidas transformações e de tão difíceis contradições, estar formado para a vida significa mais do que reproduzir dados, determinar classificações ou identificar símbolos. Significa saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir; enfrentar problemas de diferentes naturezas; participar socialmente de forma prática e solidária; ser capaz de elaborar críticas ou propostas; e especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado. Para isso, a formação em ciências precisa contribuir para que cada indivíduo seja capaz de compreender e aprofundar as explicações atualizadas de processos e de conceitos biológicos, físicos e químicos, diante da importância da ciência e da tecnologia na vida moderna, enfim, o interesse pelo mundo dos seres vivos (Krasilchik, 2008).

Segundo Carvalho (2004) para ser considerada investigativa, uma atividade não deve contemplar somente a observação e manipulação por parte dos estudantes, deve conter também características de trabalho científico na qual o aluno deverá: refletir, discutir, explicar e relatar. Nessa perspectiva, a aprendizagem baseada em problemas (ABP), proporciona uma estrutura que pode auxiliar os alunos a internalizar o aprendizado conduzindo-os a uma maior compreensão (Delisle, 1997; Pozo, 1998). A aplicação de metodologias ativas de aprendizagem como a ABP requer que todos os envolvidos no processo educacional estejam engajados para criação de um contexto de aprendizagem real, sendo que a situação de uma feira de ciências escolar apresenta-se como uma das possibilidades para criação deste contexto.

Fundamentação teórica

O ensino de ciências e a aprendizagem baseada em problemas

A constante evolução da ciência nos últimos séculos e sua conseqüente especialização acabou por criar uma visão restrita e fragmentada do conhecimento (Pombo, 2005), que por sua vez tem sido refletida no processo educacional, e imposta pela organização curricular em disciplinas e conteúdos (Gerhard y Filho, 2012). Embora propostas pedagógicas visando uma maior integração do currículo (Delizoicov et al., 2002), bem como o uso de processos de aprendizagem centrada no estudante (Freire, 1996; Moreira, 2010) venham sendo disseminadas nas últimas décadas, estudos têm mostrado que a atuação do professor permanece vinculada a uma visão tradicional de ensino, focada na transmissão de conhecimento (Borges, Basso, y Rocha Filho, 2008; Newton, Driver, y Osborne, 1999).

Segundo Hodson (2009), ao longo das últimas duas décadas, pesquisas, debates e documentos na área de ensino de ciências têm enfatizado que o currículo de ciências deveria ser orientado a: considerar a natureza da ciência, o raciocínio baseado em modelos, a aprendizagem baseada na investigação, o uso de argumentação científica, e a utilização de experiências de aprendizagem ricas em linguagem para melhorar a aquisição e desenvolvimento de conceitos. Dessa forma, o ensino de ciências deveria envolver tanto a solução quanto a preparação para a solução de problemas. Quando professores e escolas pulam o estágio da formulação de problemas, entregando aos estudantes fatos e procedimentos sem dar a eles a chance de desenvolver suas próprias perguntas, os estudantes poderão memorizar o material sem compreendê-lo totalmente ou serem capazes de utilizá-lo (Delisle, 1997).

Apresentar o conteúdo e o novo conhecimento de maneira separada e desconectada conduz os estudantes a uma falta de compreensão acerca das instituições educacionais e o que estas propõem. "Por que nós precisamos aprender isso?" é uma pergunta que professores escutam com bastante frequência. Dessa forma, a aprendizagem investigativa por meio da resolução de problemas pode ajudar os professores a equiparem os estudantes com as habilidades e estruturas necessárias ao aprendizado contextualizado em ciências (Krasilchik, 2008), auxiliando-os a se tornarem ativos e responsáveis pela própria aprendizagem (Hmelo-Silver, 2004).

Envolver os estudantes no processo de aprendizagem é um desafio que professores enfrentam, em face ao sistema tradicional, mecanicista de ensino, baseado na transmissão de conhecimento (Freire, 1996; Osborne, 2007). Nessa perspectiva, estimula-se a abordagem superficial, pela preponderância de aulas expositivas e valorização de cobrança de informações, sem um processo de reflexão crítica e análise que são os níveis cognitivos mais altos que se deseja alcançar. Este processo promove entre os estudantes a apatia e desinteresse pelas aulas de ciências (Millar y Osborne, 1998).

Uma visão contemporânea a respeito da aprendizagem indica que as pessoas elaboram novo conhecimento e o seu entendimento com base no que já sabem e naquilo em que acreditam (Bransford, Brown, y Cocking, 2000). A construção do conhecimento pressupõe um sujeito ativo, que

participa de maneira intensa e reflexiva dos processos educativos, constrói sua inteligência, sua identidade e produz conhecimento por intermédio do diálogo estabelecido com seus pares, com os professores e com a cultura na própria realidade cotidiana do mundo em que vive (Freire, 1996). Assim, metodologias ativas de aprendizagem como a ABP podem favorecer a prática docente, estimulando os estudantes a aprofundarem sua relação com o conhecimento científico. De acordo com Hmelo-Silver (2004), a ABP foi elaborada para ajudar os estudantes a construir uma base de conhecimento extensiva e flexível; desenvolver habilidades eficazes de resolução de problemas; desenvolver habilidades de aprendizado que durem a vida inteira e que se autodirecionam; tornarem-se colaboradores eficientes e estarem intrinsecamente motivados a aprender.

Barrows y Tamblyn (1980) definiram a ABP como sendo a "*aprendizagem que resulta do processo de trabalhar a compreensão ou resolução de um problema*". Descrevendo inúmeras definições na literatura desde os anos 80, Savery (2006) define a ABP de forma mais abrangente como "*a abordagem instrucional centrada no aprendiz que o estimula a conduzir pesquisas, integrar teoria e prática e aplicar conhecimentos e habilidades para desenvolver uma solução viável para um problema definido*". O conceito de ABP se aproxima do conceito aprendizagem investigativa, ambos fundamentados na filosofia de John Dewey, que acreditava que educação começa com a curiosidade do estudante (Savery, 2006). Entretanto, a principal diferença entre a aprendizagem investigativa e a ABP está relacionada ao papel do tutor. Na ABP, o tutor não deve prover a informação, pois a responsabilidade é do aprendiz, ou seja, ele atua como um facilitador, orientando a aprendizagem por meio do desenvolvimento de uma série de ações.

O ciclo da ABP possibilita o planejamento e geração de metas, direcionando os estudantes na resolução de problemas. Os estudantes se envolvem na investigação científica, fazendo previsões, observações e em seguida, construindo explicações do porque suas previsões estavam ou não corretas (Hmelo-Silver, 2004). Os efeitos obtidos com a abordagem instrucional da ABP podem variar em função de vários fatores (construção do problema, nível de ensino, modelo de instrução prévia, tempo de aplicação, formas de avaliação). Em uma meta-análise Dochy et al. (2003) apontam que o efeito da ABP sobre o conhecimento dos estudantes não é robusto ou significativamente maior em relação ao ensino tradicional, porém, estimula efeitos fortemente positivos sobre as habilidades dos estudantes. Em outra meta-análise (Gijbels, Dochy, Van den Bossche, y Segers, 2005) analisam a relação entre as formas de avaliação e os resultados da ABP, os resultados mostram que o efeito mais positivo da abordagem está relacionado ao entendimento de princípios ligados aos conceitos.

Em função das várias formas de se desenvolver e aplicar a ABP como abordagem instrucional, Barrows (1996) definiu seis principais características ou princípios norteadores da aplicação da ABP como metodologia. O primeiro princípio propõe que o aprendizado precisa ser centrado no estudante. Segundo, o aprendizado precisa ocorrer em pequenos grupos com orientação de um tutor. Terceiro, o professor deve atuar apenas como um facilitador. Quarto, problemas autênticos precisam

ser encontrados na sequência de aprendizado sem preparação prévia. Quinto, os problemas são ferramentas para atingir conhecimento e habilidades para resolver problemas. Por último, o sexto princípio propõe que a aprendizagem precisa ser auto direcionada.

Dochy et al., (2003) ainda acrescentam uma sétima característica como essencial para a ABP; é necessário que ocorra análise e resolução de problemas representativos, ressaltando a questão do uso de problemas autênticos do mundo real para os estudantes, ou seja, próximo à sua realidade cultural. A estruturação correta dos passos utilizados na orientação dos estudantes, incluindo a elaboração dos problemas para uso durante a abordagem instrucional da ABP tem sido discutida na literatura (Hung 2006, 2009; Lima y Linhares 2008). Buscando uma melhor definição na construção de problemas para ABP, Hung (2006) desenvolveu um framework chamado 3C3R, que tem como componentes centrais o conteúdo, contexto e conexão (3 Cs) e os componentes de processamento que são pesquisa, argumentação e reflexão (3 Rs, do inglês *researching, reasoning, reflecting*). Os três "Cs" estão relacionados ao foco na aprendizagem do conteúdo/conceitos, já os três "Rs" dão suporte ao processo cognitivo, à capacidade de resolver problemas e à aprendizagem auto direcionada. Em outro estudo, Hung (2009) propõe a realização de nove fases para aplicação do modelo 3C3R na construção e desenho de problemas e sua aplicação efetiva focando a instrução por ABP.

Ao abordarem o nível de estruturação do desenho de situações didáticas com a ABP, vários estudos (Hung, Jonassen y Liu, 2008; Jonassen, 1997; Laxman, 2010) apontam que o problema só pode ser bem resolvido se os contextos apresentados aos estudantes forem de alta qualidade, citando fases onde se estabeleçam as ideias fundamentais que se pretende que os estudantes compreendam, e que essas ideias sejam traduzidas em objetivos educacionais.

Entretanto, estudos que avaliam a efetividade do uso da ABP através das taxas de correspondência entre os objetivos do instrutor e os tópicos de aprendizagem gerados pelos estudantes observaram taxas ao redor de 62% (O'Neill, 2000; Van Gessel, Nendaz, Vermeulen, Junod, y Vu, 2003). Esses resultados demonstram que a falta de correspondência está associada ao desenho do problema e à condução da metodologia com os estudantes (Woei Hung, 2009). Entretanto, pesquisas sobre esse tipo de análise são achadas na literatura apenas para educação médica, sendo necessária também a realização de estudos similares em outros níveis de ensino e áreas de conhecimento.

Relatos na literatura apontam para uso da ABP com problemas bem estruturados (Hung, 2009; Yew y Schmidt, 2011) como uma forma de fornecer mais direcionamento aos estudantes, uma vez que essa é uma das críticas frequentes de pesquisadores que discutem a eficácia dessa metodologia (Kirschner, Sweller, y Clark, 2006).

Em relação à efetividade da ABP como uma abordagem instrucional para uso na educação básica, Folmer, Barbosa, y Soares (2009) avaliaram se a ABP poderia aumentar o entendimento de estudantes secundários em relação à natureza do conhecimento científico em um curso de verão. Os autores mostraram que estudantes preferem a oportunidade de planejar e

executar experimentos por eles mesmos, ao invés de seguir experimentos de laboratórios pré-formatados. Os estudantes obtiveram resultados aumentados da *Nature of Scientific Knowledge Scale* (NSKS) depois do uso da ABP, mostrando que o processo os conduziu ao sentimento de criar e fazer ciência.

Ao avaliarem a aplicação da metodologia de estudo de caso, como uma variante da ABP junto aos estudantes de química do ensino médio, Brito y Sá (2010) observaram que estas são estratégias eficientes em fomentar as habilidades argumentativas dos estudantes, além de favorecer a aprendizagem do conteúdo científico.

Avaliando a percepção de estudantes do final do ensino fundamental (5º, 6º e 7º anos) sobre ABP, Azer (2009) demonstra que pesquisas na área médica e ensino superior têm indicado a ABP como promotora de engajamento dos estudantes e desenvolvimento de diversas habilidades cognitivas (Barrows, 1996; Hmelo-Silver, 2004; W Hung et al., 2008), porém poucas pesquisas sobre a percepção de estudantes têm sido realizadas para ensino fundamental e médio (Azer, 2009; Savery, 2006). Os resultados de Azer (2009) apontam que os estudantes destas faixas etárias têm percepção positiva desta abordagem instrucional.

A feira de ciências e a aprendizagem baseada em problemas

As feiras de ciências são eventos realizados em escolas ou na comunidade que visam à exposição de trabalhos elaborados por estudantes com o objetivo de promover a discussão junto à comunidade em relação aos conhecimentos e metodologias empregados na pesquisa, bem como os resultados alcançados (Lima, 2008).

Segundo Tortop (2013) são atividades vinculadas aos sistemas de ensino, realizadas, geralmente, como uma exposição pública onde os estudantes apresentam seus projetos para juízes avaliá-los. As feiras de ciências começaram a se tornar populares no início dos anos 1950 nos Estados Unidos, com a realização da ISEF (Intel International Science and Engineering Fair), então conhecida como a Feira Nacional da Ciência (SSP, 2013). No Brasil, as feiras de ciências tiveram impulso com a criação dos centros de ciências na década de 60, se destacando como atividades práticas desenvolvidas por essas instituições (Brasil, 2006).

Uma das maiores contribuições das feiras de ciências é a aproximação da escola em relação à comunidade, possibilitando a socialização, troca de experiências e conhecimento, além de ajudar a promover a alfabetização científica, auxiliando em uma formação mais contextualizada e integral dos estudantes (Barcelos, Jacobucci, y Jacobucci, 2010). Muitas organizações e instituições nos Estados Unidos investem uma grande quantidade de recursos na realização dessas feiras como atividades escolares extraclasse. Segundo Czerniak (1996), professores acreditam que o envolvimento em uma feira de ciências pode auxiliar no desenvolvimento de habilidades, conhecimentos e atitudes que levarão o estudante a uma carreira de sucesso no futuro.

Em outro estudo, realizado com estudantes do ensino médio no Brasil, a maior parte dos trabalhos originou-se em projetos extraclasse ou em aulas

da parte diversificada do currículo, onde a contextualização foi o eixo norteador de todos os trabalhos (Hartmann y Zimmermann, 2009). Segundo os autores, as produções científicas indicam que os estudantes estabelecem praticamente sozinhos as relações entre os conteúdos dos diferentes componentes curriculares e os projetos desenvolvidos, pois a maior parte dos professores ainda não realiza um trabalho integrado que possa ser considerado interdisciplinar. As produções apresentadas mostram que a contextualização acontece na realização das atividades científicas e que os alunos exploram a ciência com um fim social. Vasconcelos, Silva, y Lima (2011) investigaram os procedimentos metodológicos e as percepções sobre feiras de ciências adotadas por professores em Pernambuco/Brasil. Os autores observaram que a maioria dos projetos desenvolvidos possuía caráter interdisciplinar e abordava temas da realidade dos alunos. Entretanto, o apoio de agências de fomento era escasso, assim como a disponibilidade de material e equipamentos nas escolas.

Pesquisadores concordam que a maior parte dos estudos realizados sobre a eficiência das feiras de ciência é baseada na percepção dos participantes (Abernathy y Vineyard, 2001; Czerniak, 1996; Schneider y Lumpe, 1996; Vasconcelos et al., 2011).

Em suma, os estudos sobre feira de ciências mostram que a contextualização do conteúdo ao mundo real parece ser o principal alvo das pesquisas sobre o uso de feira de ciências para ensino médio, entretanto a associação dessa intervenção com a abordagem instrucional da ABP ainda não foi relatada na literatura. A integração da ABP com uma feira de ciências pode ser uma alternativa eficaz para a criação de situações de aprendizagem ricas e significativas para os estudantes.

Desta forma, este estudo pretende apresentar resultados iniciais, bem como delinear uma proposta de intervenção como modelo instrucional para escolas que privilegiem o uso de metodologias ativas e aprendizagem centrada no estudante. Sendo assim, o objetivo do estudo é relatar a experiência dos estudantes e professores na criação de uma feira de ciências para o ensino médio, que teve como abordagem instrucional a aprendizagem baseada em problemas (ABP), apresentando as seguintes perguntas de investigação:

- 1) Após participar de uma feira de ciências utilizando a abordagem instrucional da ABP, a percepção dos estudantes a cerca do entendimento e aplicabilidade dos temas desenvolvidos em seus projetos aumentou?
- 2) Os estudantes passaram a identificar mais conceitos relevantes sobre determinado tema de estudo? Os conceitos aprendidos foram utilizados na criação de soluções práticas aplicadas ao cotidiano?
- 3) Qual a percepção dos professores em relação a aplicação da proposta de intervenção desenvolvida?

Metodologia

Contexto e capacitação dos professores

A proposta de ensino foi realizada no ano de 2009, em um colégio estadual da cidade de São Gonçalo, região metropolitana do Rio de Janeiro. Após a realização de uma palestra para o corpo docente da escola, 120 dias

antes da feira de ciências, 20 professores se dispuseram a participar da experiência de orientação dos estudantes mediante a abordagem ABP para produção de trabalhos a serem apresentados na feira de ciências.

Estes 20 professores chamados “facilitadores” participaram de capacitação específica para entendimento da metodologia da ABP. Estas capacitações foram realizadas em três encontros presenciais com duas horas de duração cada. Nestes encontros, foi discutida a metodologia da ABP de forma a criar as condições para que a mesma pudesse ser utilizada na condução dos estudantes. Como parte da capacitação, foram distribuídos materiais didáticos, sugestões de perguntas e discutidas as formas de condução dos grupos de estudantes.

Um importante aspecto abordado na capacitação dos professores foi a condução do desenvolvimento dos trabalhos baseado no quarto princípio da ABP definido por Barrows (1996), que é *“o professor deve atuar apenas como um facilitador”*. Nessa perspectiva, o professor diferencia-se muito do papel tradicionalmente atribuído aos docentes. Ele deixa de ser a fonte transmissora de conhecimento e assume o papel de facilitador, tendo por função central a orientação dos estudantes no desenvolvimento dos passos da ABP, além de estimulá-los, problematizando as questões. Eles solicitam aos estudantes, o tempo todo, que justifiquem suas interpretações e reflitam sobre as respostas encontradas.

Descrição da intervenção com os estudantes

Para o acompanhamento da proposta do uso da abordagem da ABP na orientação dos projetos da feira de ciências, escolheu-se avaliar de forma aleatória três turmas do ensino médio, sendo uma de cada ano. Cada turma foi responsável por um tema e as turmas foram divididas em 12 grupos de trabalho, onde cada grupo foi responsável por um tópico (subtema). Cada grupo era composto por 5 a 7 estudantes.

Os professores foram direcionados a propor cenários (contexto dos problemas) baseados em quatro princípios fundamentais para criação de problemas na abordagem instrucional da ABP (De Lima y Linhares, 2008; Schmidt, 1999):

Conter a descrição de um acontecimento ou conjunto de fenômenos que necessitam de explicação em termos de processo subjacente, princípios ou mecanismos.

Conduzir a uma atividade de resolução de problema pelos estudantes.

Formular problemas a partir de uma situação tão concreta quanto possível.

Ter grau de complexidade adaptado ao conhecimento prévio de cada estudante.

No processo de construção dos projetos, os estudantes traziam suas dificuldades aos professores sobre o tema e tópico específico, e então eram direcionados a criarem os problemas que seriam o foco central para a apresentação de uma solução durante a feira de ciências, ao invés de recebê-los já previamente postulados sobre o tema gerador. Os temas, tópicos, contextos e problemas criados por cada um dos grupos durante o processo estão detalhados no Anexo 1.

A fase de elaboração dos projetos durou quatro meses (120 dias). Ao final deste período se deu o momento da realização da feira de ciências para exposição pública dos resultados de cada grupo, com duração de três dias. Nesse período, os projetos elaborados pelos grupos ficaram expostos no pátio da escola para visitação de toda a comunidade escolar. Os estudantes ficavam junto a seus projetos explicando a solução do problema e respondendo perguntas dos visitantes, colegas de escola e professores.

Fases da ABP na orientação aos estudantes

A condução das atividades propostas foi baseada em uma adaptação da proposta de Barrows y Tamblyn (1980) para criação de um ciclo de ABP. Estas fases abordam todas as "seis principais características da ABP" para que o modelo de instrução seja classificado como ABP (Barrows, 1996; Dochy et al., 2003). Em estudos para caracterização das possíveis abordagens instrucionais de ABP, essa abordagem seria classificada como pobremente estruturada e com rotinas (Jonassen, 1997; 2000).

Consideramos com a fase "zero" o que diz respeito à definição do contexto do problema que é apresentado pelo facilitador antes de qualquer preparação prévia. Na sequência, os estudantes prosseguem nas seguintes fases:

Fase 1 – Identificação de fatos e conceitos - O grupo de estudantes inicia a identificação de conhecimentos prévios dos fatos e conceitos relevantes ao contexto do problema.

Fase 2 – Geração de hipóteses - Os grupos de estudantes trabalham colaborativamente sem o facilitador na criação da definição do problema e suas hipóteses, estimulando sua capacidade de raciocínio e de aplicação do conhecimento.

Fase 3 – Identificação de conhecimento deficiente - No processo de trabalho com o problema, as áreas de aprendizado deficientes são identificadas e usadas como um guia de estudo para o aprendizado auto direcionado (self directed learning), que se inicia nesta fase e vai até a fase 5.

Fase 4 – Aplicação do novo conhecimento - As habilidades e conhecimentos adquiridos com o aprendizado auto direcionado são aplicados ao problema de forma colaborativa, até os estudantes consolidarem suas pesquisas e formularem respostas ou projetos de solução do problema.

Fase 5 – Abstração e formação de novo raciocínio - O aprendizado decorrente do trabalho com o problema e do aprendizado auto direcionado é resumido e apresentado publicamente (no caso deste trabalho a exposição na feira de Ciências). Neste ponto, o aprendizado é integrado ao conhecimento e às habilidades prévias do estudante a partir de uma experiência de mundo real. Essa fase também foi consolidada para os estudantes no momento da reflexão metacognitiva sobre o aprendizado ocorrido durante os 120 dias da intervenção, no momento que os grupos tiveram que se reunir novamente para responder ao segundo questionário, 30 dias após a realização da feira de ciências (Anexo 3).

Avaliação da percepção dos estudantes

No decorrer do processo de orientação dos trabalhos, os grupos responderam a um questionário diagnóstico (Anexo 2), que os levou a identificar o conhecimento prévio que possuíam e a refletir sobre as necessidades de aprofundamento sobre o tema específico.

O questionário também visava identificar fatores de motivação em relação ao tema, e a forma como os estudantes buscavam informações sobre os mesmos. O questionário serviu para retroalimentar os professores orientadores sobre o andamento dos grupos na construção dos seus projetos. Um único questionário era fornecido a cada grupo de estudantes, e eles tinham que chegar a um consenso para responder a cada uma das perguntas propostas para o grupo.

Um mês após a realização da feira de ciências, os estudantes foram levados a refletir sobre o aprendizado adquirido nesse processo de intervenção. Os grupos responderam a um segundo questionário (Anexo 3), com perguntas que também avaliaram a percepção dos estudantes ao final do processo.

Avaliação de conceitos chave, dificuldades e aplicação do conhecimento para situações do cotidiano

Nas questões 4, 5 e 6 do questionário diagnóstico inicial (Anexo 2) foi solicitado aos estudantes a identificação dos pontos-chave, termos difíceis ou desconhecidos, além de assuntos para aprofundar o conhecimento sobre o tema. Nas questões 1, 2 e 6 do segundo questionário aplicado após a feira de ciências (Anexo 3), foi solicitado aos estudantes a identificação dos aspectos importantes, criação de solução prática aplicada ao cotidiano, bem como os pontos que eles ainda não dominavam sobre o projeto apresentado na feira de ciências. Avaliaram-se os assuntos e temas descritos pelos estudantes, quanto a sua relevância ao tema central da proposta do projeto e a análise da solução prática aplicada ao cotidiano através de revisão a cega de três pesquisadores da área ensino de ciências.

Para todas as perguntas abertas, elaboramos um padrão de respostas observadas pelos três pesquisadores, seguindo metodologia de saturação teórica (Fontanella et al., 2011), criando categorias que pudessem congregiar as respostas a fim de serem analisadas como relevantes ou não. Depois de uma primeira revisão dos questionários, esses pesquisadores identificaram e chegaram a um senso comum sobre os itens que foram considerados relevantes ao tema, e depois realizaram às cegas a contagem dos itens que foram relatados em cada questionário respondido. Nos resultados apresentamos as médias entre as três avaliações (uma para cada pesquisador/avaliador). Os resultados apresentados no item 2 da Tabela 4 "*Após a feira o grupo conseguiu criar uma solução prática aplicada ao seu cotidiano a partir do conhecimento adquirido? Qual?*", não está relacionado às respostas de "sim" ou "não" apresentadas pelos estudantes, mas se a resposta aberta a pergunta "Qual?", realmente revelou um aplicação efetiva e válida sobre o tema proposto, que foi considerada pelos avaliadores.

Avaliação da percepção dos professores

Para fins de análise da percepção dos professores em relação à aplicação dos princípios da ABP no contexto da feira de ciências, utilizamos um questionário contendo 15 assertivas. Os professores deveriam assinalar o grau em que concordavam com a afirmação, em uma escala de Likert com cinco posições: discordo totalmente, discordo, não sei, concordo e concordo totalmente (Anexo 4).

Resultados

Avaliação da percepção dos estudantes

As respostas obtidas por meio do primeiro questionário sobre o processo de construção dos projetos para a feira de ciências estão apresentadas na tabela 1. Observamos que, apesar dos estudantes relatarem que já tinham conhecimento sobre os temas de seus projetos, apenas 17% declararam possuir muito conhecimento. Mesmo assim, todos os grupos concordaram necessitar aprofundar seus conhecimentos sobre os temas.

Quando os estudantes foram questionados sobre sua fonte de motivação, a maioria (56%) relatou fatores intrínsecos, relacionados à importância e conscientização do tema, incluindo um percentual de 17% de estudantes motivados pela metodologia de ensino, como uma nova forma de aprender. A motivação extrínseca dos estudantes, relatada unicamente pelo fator "obtenção de nota", representou 42% dos estudantes. Por outro lado, o principal fator que desmotivou os estudantes foi a dificuldade de execução do projeto sobre o tema escolhido (42%).

1. O que você conhece sobre o tema proposto?			
Nada	Pouco	Razoavelmente	Muito
0%	17%	67%	17%
2. O que motiva o grupo a trabalhar sobre o tema?			
Ganhar nota	Importância do tema	Conscientização do tema	Aprender de forma diferente
42%	24%	17%	17%
3. O que desmotiva o grupo a trabalhar sobre o tema?			
Problemas de grupo	Desinteresse dos participantes	Dificuldade do tema	Dificuldade de execução
17%	17%	25%	42%
7. Fonte de pesquisa utilizada para elaborar o trabalho.			
Internet e revistas	Somente Internet	Jornais, revistas, internet	Outras fontes
25%	50%	17%	8%
8. Dificuldade em entender o material fornecido pelo professor orientador.			
Nenhuma	Pouca	Razoável	Alta
25%	33%	17%	25%

Tabela 1. Resultados dos questionários diagnósticos do processo de construção dos projetos para a feira de ciências.

Os grupos informaram que a principal fonte de pesquisa utilizada foi a internet, mas também utilizaram jornais, revistas e livros. Por sua vez, 25% dos grupos relataram haver encontrado dificuldade para entender o material didático fornecido pelo professor, o que se tornou uma oportunidade para

um diálogo maior com os professores orientadores, no sentido de auxiliar os grupos na realização dos projetos.

As respostas ao segundo questionário, após a feira, nos permitiram analisar a percepção dos estudantes em relação ao uso da abordagem de ABP aplicada durante um período de quatro meses para apresentação de uma solução durante a feira de Ciências e da exposição desses projetos para a comunidade, como forma de contextualização ao mundo real e exposição pública das idéias criadas pelos grupos (Tabela 2).

3. Vocês acham que agora conhecem mais sobre o tema?	
Sim	Não
100%	0%
4. Você acha que se aprofundaram o suficiente sobre o tema?	
Sim	Não
83%	17%
5. Vocês conseguiram responder a todas as perguntas realizadas no dia da feira?	
Sim	Não
92%	8%
7. Os recursos disponíveis foram suficientes para a elaboração do trabalho?	
Sim	Não
75%	25%
8. Vocês acham que o que aprenderam na criação do projeto foi útil para o seu aprendizado?	
Sim	Não
92%	8%

Tabela 2. Resultados dos questionários sobre a percepção de aprendizagem dos grupos após a realização da feira de ciências.

Um total de 92% dos grupos achou que a realização do projeto foi útil para a aprendizagem sobre os temas apresentados. Apesar de 83% dos grupos declararem ter se aprofundado no entendimento dos temas, houve tópicos que eles não compreenderam plenamente, como observado nos resultados da Tabela 3. Entretanto, esse fator não limitou a confiança dos estudantes quando da realização da feira de ciências como uma exposição pública de suas idéias e soluções, já que 92% deles consideraram que conseguiram responder todas as dúvidas e questionamentos realizados a respeito de seus projetos. Todos os estudantes (100%) consideraram que conheciam mais sobre o tema do projeto após o momento da realização da feira de ciências.

Avaliação de conceitos chave, dificuldades e aplicação do conhecimento para situações do cotidiano

Na tabela 3 são apresentados os resultados das médias de avaliação a cega de três pesquisadores sobre os itens relatados pelos estudantes no momento do primeiro questionário, quanto à identificação de pontos-chave, termos difíceis ou desconhecidos e assuntos para aprofundamento do

conhecimento em correspondência aos temas, tópicos e contextos definidos pelo professor (Anexo 1).

Em um primeiro momento, metade dos grupos não conseguiu identificar os pontos relevantes para o desenvolvimento dos problemas. A maioria dos grupos identificou termos difíceis ou palavras desconhecidas (66%), mas somente 33% citaram três ou mais pontos relevantes. Sobre a identificação dos tópicos para aprofundamento sobre o tema, todos citaram algum ponto relevante, porém apenas 17% citaram cinco ou mais pontos.

Na tabela 4 apresentamos os resultados das questões abertas de número 1, 2 e 6, do segundo questionário aplicado após a feira de ciências. Os dados são resultados da média de avaliação por revisão às cegas de três pesquisadores envolvidos no projeto, que verificaram se as citações eram realmente importantes e demonstravam domínio em correspondência aos temas, tópicos e contextos definidos pelo professor (Anexo 1), da mesma forma como realizado no primeiro questionário.

4. Identificação de pontos-chave e assuntos importantes sobre o tema.			
Levantaram pontos relevantes		Levantaram pontos superficiais	
50%		50%	
5. Identificação de termos difíceis ou palavras desconhecidas.			
Deixaram em branco	Não encontraram	Identificaram 1 a 2 palavras	Identificaram 3 ou mais palavras
25%	8%	33%	33%
6. Identificação de assuntos que o grupo precisa estudar para se aprofundar sobre o tema.			
Identificou 1 ou 2 pontos	Identificou 3 ou 4 pontos	Identificou 5 ou mais pontos	
50%	33%	17%	

Tabela 3. Resultados das avaliações dos pesquisadores sobre os itens levantados pelos estudantes no questionário diagnóstico antes da feira de ciências.

Todos os grupos demonstraram conhecer importantes aspectos sobre os temas desenvolvidos, onde 92% deles identificaram três pontos relevantes sobre o projeto, indicando o domínio conceitual em relação aos temas apresentados na feira de ciências, resultado diferente do questionário inicial anterior à feira, quando apenas 50% dos grupos conseguiram levantar algum ponto relevante (Tabela 4).

Embora os temas abordados tivessem direta relação com o cotidiano através de contextos apresentados aos estudantes pelos professores no início do processo (Anexo 1), na presente experiência, a maior parte (67%) dos grupos teve dificuldade em relatar um mês após a feira como transformaram o conhecimento desenvolvido no projeto, em uma solução prática que pudesse ser utilizada de fato (Tabela 4). Após a feira, apenas 42% dos grupos conseguiram identificar outros pontos relevantes que ainda precisariam ser aprofundados, com a maioria, portanto, considerando que conseguiu esgotar o assunto, o que foi comprovado por 92% dos grupos conseguindo identificar 3 ou mais aspectos importantes abordados sobre o tema.

1. Identificação de aspectos importantes abordados sobre o tema.	
Dois aspectos	Três aspectos ou mais
8%	92%
2. Após a feira o grupo conseguiu criar uma solução prática aplicada ao seu cotidiano a partir do conhecimento adquirido? Qual?	
Sim	Não
33%	67%
6. Identificação de pontos que ainda não dominam sobre o tema apresentado na feira.	
Não se aprofundaram no tema ou deixaram em branco	Identificou 1 ou 2 assuntos que ainda não dominam
58%	42%

Tabela 4. Resultados da avaliação por revisão cega de três pesquisadores do questionário aplicado nos estudantes após da realização da feira de ciências.

Avaliação da percepção dos professores

Já em relação aos professores, a proposta de aplicação dos princípios da ABP no contexto da feira de ciências foi bem assimilada por aqueles que se dispuseram a participar da intervenção. A metodologia da ABP já era conhecida pela maioria deles, cerca de 70% declararam ter algum conhecimento do assunto. Além disso, a maioria dos professores revelou não ter tido grandes dificuldades em compreender, aplicar e guiar os estudantes de acordo com a metodologia proposta (Figura 1).

Embora os professores tivessem algum conhecimento da metodologia da ABP, 75% deles não a utilizavam em suas aulas. A experiência de ter passado pela capacitação e aplicado os princípios da ABP para criação dos projetos para a feira de ciências, parece ter impactado positivamente a percepção dos professores sobre a viabilidade de continuar a utilizar a metodologia na sua prática docente. Após a realização da feira de ciências, 55% deles declararam que voltariam a utilizar a metodologia em suas aulas, sendo que 70% discordaram que a ABP deve ser utilizada somente em feiras de ciências, apoiando seu uso durante as atividades realizadas durante todo o ano letivo.

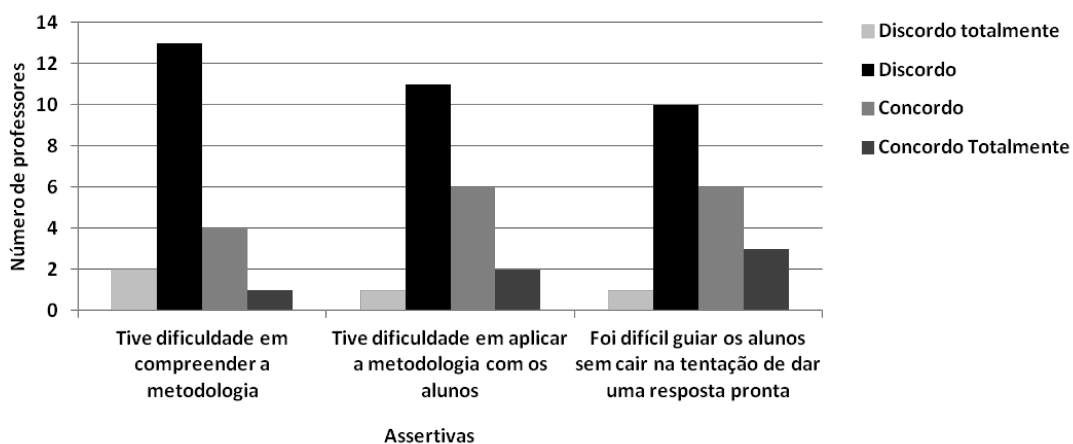


Figura 1.- Percepção dos professores em relação à implementação da intervenção (n= 20).

A maioria dos professores observou uma mudança de comportamento dos estudantes logo após a realização da feira, relatando que os estudantes ficaram mais participativos durante as aulas e mais à vontade para expor suas ideias, dúvidas e comentários sobre a matéria de estudo. No que diz respeito à efetividade da metodologia utilizada, 12 dos 20 professores (60%) reconheceram uma melhora por parte dos estudantes na capacidade de encontrar soluções para os problemas, como afirmado a seguir por um dos professores.

“Após realização da feira, utilizando a proposta da ABP, notei que houve uma melhora considerável no rendimento escolar. Isso foi notado tanto na demanda de exercícios resolvidos, quanto na diminuição do número de médias perdidas no bimestre.”

Os professores relataram que, inicialmente, muitos estudantes tiveram dificuldades em compreender os problemas propostos e a estrutura dos projetos. Entretanto, ao longo do desenvolvimento da proposta, essas limitações foram superadas, e os estudantes passaram a compreender melhor, se adaptando à abordagem instrucional da ABP.

Discussão

Em relação à percepção dos estudantes sobre a intervenção realizada, a maioria deles (58%) relatou motivação intrínseca para trabalhar com o tema escolhido pelo grupo. Acreditamos que isso se deve ao fato do uso de temas mais abrangentes e contextualizados, bem como ao efeito da aplicação da abordagem instrucional com a ABP (Sungur y Tekkaya, 2006). Esses achados são corroborados por outros estudos (Abernathy y Vineyard, 2001; Bruce y Bruce, 2000) que indicam que a utilização de temas interessantes das ciências de forma contextualizada e aliada à aplicação de novas metodologias para o ensino e aprendizagem pode impactar positivamente a motivação dos estudantes. Esses achados estão de acordo com outros estudos que apontam para o impacto positivo que o uso de uma feira de ciências pode ter sobre a aprendizagem de ciências (Abernathy y Vineyard, 2001; Barcelos et al., 2010).

Um percentual menor dos grupos (42%), porém considerável, demonstrou preocupação com a nota a ser obtida, o que pode indicar que o processo educacional da escola continuava privilegiando também a motivação extrínseca dos estudantes. A dificuldade de execução dos projetos foi relatada como um dos principais itens de desmotivação (42%). A mudança de paradigma, na qual os estudantes deixam de receber de forma passiva o ensinamento dos conteúdos, passando a ter que ativamente construir o conhecimento e produzir um projeto prático para ser apresentado à comunidade na feira de ciências parece ter resultado em um grande desafio para esses estudantes. Experiências de desconforto e frustração inicial dos estudantes durante a transição para a abordagem da ABP são reportadas na literatura (Dabbagh, Jonassen, Yueh, y Samouilova, 2000; Woei Hung, 2009). Entretanto, esses autores observam que a maior parte dos estudantes desenvolve uma atitude positiva ao final do processo, fator que está constatado em nossos resultados, nos quais a grande maioria (92%) dos grupos relatou como positiva para sua aprendizagem a participação neste processo.

A relação com os pares no trabalho colaborativo também foi um desafio enfrentado por alguns grupos (17%), embora essa seja uma das importantes habilidades adquiridas com utilização da ABP (Yew y Schmidt, 2011), sendo normal este desconforto quando estudantes são instigados a depender da colaboração em pequenos grupos. Em relação às fontes de pesquisa, nossos achados diferem, em parte, dos obtidos por (Korkmaz, 2012), nos quais a internet não apareceu entre as principais fontes. Entretanto, são semelhantes aos achados de Azer (2009), que cita a internet com importante fonte de pesquisa, mas também indica livros-texto, atlas e dicionários como outras fontes além da internet, o que não ocorreu em nossos resultados. O uso da internet, principalmente para pesquisa, tem sido recorrente em diferentes contextos educacionais (Rolando, Salvador, y Luz, 2013).

Os estudantes declararam ter conhecimento sobre aspectos importantes dos temas escolhidos para os projetos. Ao unirem seus conhecimentos prévios às fontes consultadas na elaboração dos projetos, a maior parte dos estudantes estaria apta a aprofundar seus conhecimentos, entretanto, parte dos grupos teve dificuldade de identificar pontos-chave, termos difíceis ou desconhecidos, bem como de aprofundar seu conhecimento sobre os temas nas fases iniciais (1 e 2) da abordagem pela ABP. Nesses aspectos, a necessidade de maior envolvimento dos professores orientadores, apoiando os grupos a desenvolver as fases do ciclo da ABP propostos por Barrows y Tamblyn (1980) é um ponto a se discutir.

A orientação pode induzir os estudantes a caminhos corretos, sem, contudo, dar respostas prontas. Segundo Kirschner, Sweller, y Clark (2006), existem evidências de que a instrução guiada é superior a abordagens que utilizam pouca ou nenhuma orientação, como no caso da aprendizagem por descoberta sem orientação. A vantagem de se utilizar a orientação começa a diminuir somente quando os estudantes têm conhecimento prévio suficientemente elevado, capaz de fornecer uma orientação "interna" (Kirschner et al., 2006; Sweller, Kirschner, y Clark, 2007). Entretanto, as críticas desses autores ao uso da ABP fundamentam-se em aplicações da ABP realizadas de forma solta e sem a presença ativa de falcitadores junto aos estudantes para o cumprimento das fases do processo, o que pode ser resolvido com aplicação, por exemplo, dos nove passos do modelo 3C3R para o desenho da instrução com ABP (Hung, 2009).

Também em contrapartida à necessidade constante de um alto nível de orientação, em revisão de literatura, Bransford et al. (2000), indicam que os novos desenvolvimentos na ciência da aprendizagem destacam a importância de ajudar as pessoas a assumir o controle da sua própria aprendizagem o mais cedo possível. Segundo os autores, as pessoas devem aprender a identificar quando entendem e quando precisam de mais informações, e que a organização da informação num arcabouço conceitual permite maior transferência; isto é, possibilita que o estudante aplique o que foi aprendido em novas situações e que aprenda informações afins mais rapidamente.

Em relação à identificação dos conceitos chave e dificuldades sobre o tema no início dos trabalhos, metade dos grupos identificou os conceitos centrais e 66% dos grupos identificou termos difíceis ou palavras

desconhecidas. Esses resultados são compatíveis com resultados da literatura na área de educação médica que relata taxas de correspondência entre os objetivos do instrutor e os tópicos de aprendizagem gerados pelos estudantes ao redor de 62% (Woei Hung, 2009; O'Neill, 2000; Van Gessel et al., 2003). Ressaltamos que, além de confirmar os percentuais achados na área de educação médica, nossos resultados são o primeiro relato desta taxa de correspondência com aplicação da ABP para educação básica.

A falta de correspondência observada em um percentual dos grupos é comumente relatada por críticos da ABP (Sweller et al., 2007) como fator negativo do uso deste modelo de instrução. Porém, se levarmos em consideração o processo como um todo, nossos resultados apontam que, após a feira de ciências, todos os grupos de estudantes conseguiram identificar aspectos importantes sobre o tema central do projeto, onde 92% deles identificaram três ou mais aspectos. Esse resultado indica que na abordagem instrucional usada nesta pesquisa os professores facilitadores conseguiram corrigir disparidades e diferenças em relação aos seus objetivos e expectativas de aprendizagem.

Outro aspecto positivo foi a confiança dos estudantes durante a exposição pública de suas ideias, soluções e convicções sobre conhecimento do tema após a realização da feira de ciências, características relatadas também por Casla y Zubiaga (2012), que em estudo empírico comparativo observaram que a adoção do modelo de ABP apoia o processo de construção do conhecimento, além de favorecer a auto percepção que os estudantes possuem de suas competências adquiridas, promovendo maior confiança em si mesmos.

Em relação à capacidade de aplicar o conhecimento obtido em situações do cotidiano (ex. coleta e tratamento de lixo), observamos que a maioria dos estudantes demonstrou dificuldade de relatar qual foi a solução prática atingida pelo grupo um mês após a realização da feira de ciências. Apesar disso, os resultados obtidos foram positivos, na medida em que a capacidade de transferência do conhecimento não foi direcionada diretamente pelos professores durante o desenvolvimento dos projetos. Ainda assim, 33% dos grupos conseguiram avançar até as últimas fases no ciclo da ABP, alcançando os níveis de abstração e formulação de novo raciocínio, inclusive retendo esse aprendizado um mês depois da intervenção. Esse resultado indica que eles completaram o ciclo da ABP proposto por Barrows y Tamblyn (1980), fato pouco ou não explorado no ensino tradicional, o qual é pautado somente na transmissão unidirecional de conteúdos para aquisição de conhecimento.

Sabemos que os efeitos da abordagem ABP são maiores sobre as habilidades adquiridas do que sobre o conhecimento dos estudantes e mais especificamente sobre o "entendimento de princípios ligados aos conceitos" (Dochy et al., 2003; Gijbels et al., 2005). A ABP possibilita também melhores resultados de retenção do conteúdo em longo prazo e capacidade de aplicação dos princípios aprendidos quando comparada ao ensino tradicional (Hung et al., 2008), o que foi constatado em alguma medida em nossos resultados.

Os professores relataram que, inicialmente, muitos estudantes tiveram dificuldades em compreender os problemas propostos e a estrutura dos

projetos. Entretanto, ao longo do desenvolvimento da proposta, essas limitações foram superadas, e os estudantes passaram a compreender melhor, se adaptando à nova metodologia de ensino aprendizagem. A participação do professor como facilitador é fundamental na orientação de atividades baseadas na ABP, principalmente quando os estudantes ainda não estão acostumados com a nova proposta (Hung, 2009; Jones, 2002; Savery, 2006).

Segundo Jones (2002) no início das atividades de ABP o professor precisa que estimular de forma mais efetiva a participação dos estudantes para que eles desenvolvam as habilidades necessárias para a realização da proposta. O desenvolvimento da habilidade de resolução de problema e a percepção da atividade ocorrem de forma gradual. O professor deve guiar os estudantes na compreensão sobre o trabalho a ser desenvolvido. Assim, se reforça a importância do papel do professor não somente na aquisição do conhecimento, mas também, aponta para a necessidade de reconhecer seu papel como facilitador do desenvolvimento da atividade e estímulo da autonomia dos estudantes.

Ainda em relação aos professores, não foi surpresa que a metodologia da ABP e do uso de uma feira de ciências para contextualização de temas propostos já fosse conhecida pela maioria deles, uma vez que essa metodologia já é amplamente estudada e difundida nas escolas de formação de professores desde os anos 70 e 80. A maioria dos professores declarou não ter tido dificuldades em compreender, aplicar e guiar os estudantes. Resultados semelhantes foram achados por Grote (1995), que observou que os professores pensam sobre projetos de ciências de forma positiva, estimulando o aprendizado dos estudantes sobre métodos científicos, pensamento e questionamentos críticos, por consequência, aumentando seu interesse em ciências. Entretanto, mesmo já conhecendo e reconhecendo esta metodologia como algo que pode apoiar suas práticas didáticas, a maioria nunca as usou em sala de aula, mas relatou que poderia começar a utilizá-las a partir da experiência vivenciada durante o projeto.

Esses achados são corroborados por estudos no campo da formação continuada de professores que indicam que, para que novas metodologias de ensino aprendizagem passem a fazer parte do dia a dia da escola, é necessário formar o professor em serviço com um processo de mentoria docente integrando conteúdo e pedagogia (Chuang, Thompson, y Schmidt, 2003; Zellers, Howard, y Barcic, 2008). Estas bases de conhecimento do professor precisam ser atualizadas sempre abordando estes aspectos de forma conjunta e aplicada à rotina do conteúdo abordado em sala de aula, criando um ciclo de ação e reflexão para o professor em exercício.

Conclusões

A proposta de aplicação da metodologia da aprendizagem baseada em problemas (ABP) como modelo instrucional para desenvolvimento de projetos a serem apresentados à comunidade escolar em uma feira de ciências foi uma experiência inovadora à luz da literatura existente até o momento, expondo os estudantes a um processo de construção do conhecimento ativo, investigativo, cooperativo e reflexivo. Foi observado

engajamento, motivação, participação dos estudantes e professores da escola na busca da construção dos projetos, o que, por si só, já justificaria a aplicação desse tipo de intervenção.

No que diz respeito aos efeitos da intervenção sobre a aprendizagem dos estudantes, os resultados indicam que os estudantes tiveram alguma retenção do conteúdo em longo prazo e capacidade de aplicação dos princípios aprendidos a situações do cotidiano. Indicam também que os estudantes foram capazes de identificar aspectos relevantes e pontos chave para aprofundamento com correspondência aos objetivos de aprendizagem desejados inicialmente pelos professores facilitadores.

Os professores que aderiram à nova metodologia de ensino tiveram uma percepção positiva da aplicação da intervenção, considerando que os benefícios podem ser estendidos para o cotidiano da sala de aula.

Implicações

Consideramos que a proposta de intervenção apresentada nesse estudo pode contribuir para o ensino de ciências na educação básica. A criação de oportunidades alternativas como a feira de ciências dentro do ensino formal pode criar o espaço necessário para aplicação de metodologias ativas de aprendizagem, bem como impactar positivamente a motivação e a aprendizagem dos estudantes. A realização dos projetos em feiras de ciências com uso de metodologias ativas de aprendizagem, dentre elas a aprendizagem baseada em problemas, pode propiciar o desenvolvimento de habilidades para a resolução de problemas, a articulação de conhecimentos adquiridos, o desenvolvimento da criatividade, da autonomia e da colaboração.

A abordagem instrucional baseada na aplicação dos princípios da ABP culminando com a realização da feira de ciências constituiu também uma oportunidade importante para a formação continuada dos professores em serviço, envolvendo a sensibilização dos participantes, o planejamento da proposta, a implementação de novas metodologias e a iniciativa de ação/reflexão acerca de práticas didáticas para a sala de aula. Este processo tem o potencial de impactar positivamente o processo de transformação do paradigma da aprendizagem centrada no professor ou no conteúdo, para a aprendizagem centrada no estudante, na qual o professor paulatinamente modifica seu papel de detentor e transmissor do conhecimento para o de facilitador das aprendizagens de seus estudantes, em um contexto real e aplicado.

Agradecimentos

O presente trabalho foi financiado fomento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) 110.009/2010.

Referências bibliográficas

Abernathy, T. y R. Vineyard (2001). Academic competitions in science: What are the rewards for students? *The Clearing House*, 74, 5, 269–276.

Araújo-Jorge, T.C.; Barbosa, J.V. y E.S. Lemos (2006). A implantação da Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde (PG-EBS) na Fundação

Oswaldo Cruz: experiências, lições e desafios. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 3, 5, 87–106.

Azer, S.A. (2009). Problem-based learning in the fifth, sixth, and seventh grades: Assessment of students' perceptions. *Teaching and Teacher Education*, 25, 8, 1033–1042. doi:[10.1016/j.tate.2009.03.023](https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.03.023).

Barcelos, N.N.S.; Jacobucci, G.B. y D.F.C. Jacobucci (2010). Quando o cotidiano pede espaço na escola, o projeto da feira de ciências 'Vida em Sociedade' se concretiza. *Ciência & Educação*, 16, 1, 215–233. doi:[10.1590/S1516-73132010000100013](https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000100013).

Barrows, H.S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3–12. doi:[10.1002/tl.37219966804](https://doi.org/10.1002/tl.37219966804).

Barrows, H.S. y R.M. Tamblyn (1980). Problem-based learning: An approach to medical education. New York: Springer Publishing Company.

Borges, R.M.R.; Basso, N.R.S. y J.B. Rocha Filho (2008). Desafios da realização da transdisciplinaridade na educação básica em Ciências e Matemática. En Borges, R.M.R.; Basso, N.R.S. y J.B. Rocha Filho (Eds.), *Propostas interativas na educação científica e tecnológica*, (pp. 13 – 22). Porto Alegre: EDIPUCRS.

Bransford, J.D.; Brown, A.L. y R.R. Cocking (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School* (Expanded Ed.). Washington, D.C.: National research Council.

Secretária de Educação Básica. (2006). *Programa Nacional de Apoio às Feiras de Ciências da Educação Básica Fenaceb*. Brasília, DF: Ministério de Educação - SEB.

Brito, J. y L. Sá (2010). Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9, 505–529. En <http://www.webs.uvigo.es/reec>.

Bruce, S.P. y B.C. Bruce (2000). Constructing images of science: people, technologies and practices. *Computers in Human Behavior*, 16, 3, 241–256.

Carvalho, A.M.P. (2004). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática* (1º Edição). São Paulo: Editora Pioneira Thomson.

Casla, A., y I. Zubiaga (2012). Cambio de la percepción de los estudiantes sobre su aprendizaje en un entorno de enseñanza basada en la resolución de problemas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11, 1, 59–75. En <http://www.webs.uvigo.es/reec>.

Chuang, H.-H.; Thompson, A. y D. Schmidt (2003). Faculty technology mentoring programs: Major trends in the literature. *Journal of Computing in Teacher education*, 19, 4, 101-106.

Czerniak, C.M. (1996). Predictors of success in a district science fair competition: An exploratory study. *School Science and Mathematics Journal*, 96, 1, 21–27.

Dabbagh, N.H.; Jonassen, D.H. y Yueh, H.-P. y M. Samouilova (2000). Assessing a Problem-Based Learning Approach To An Introductory

Instructional Design Course: A Case Study. *Performance Improvement Quarterly*, 13, 60–83. [doi:10.1111/j.1937-8327.2000.tb00176.x](https://doi.org/10.1111/j.1937-8327.2000.tb00176.x).

Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandria, Virginia, USA: ASCD.

Delizoicov, D.; Angotti, J.A. y M.M. Pernambuco (2002). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Editora Cortez.

Dochy, F.; Segers, M.; Van den Bossche, P. y D. Gijbels (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, 5, 533–568. [doi:10.1016/S0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7).

Folmer, V.; Barbosa, N.B.D.V. y F.A. Soares (2009). Experimental activities based on ill-structured problems improve Brazilian school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8, 232–254. En <http://www.webs.uvigo.es/reec>.

Fontanella, B.J.B.; Luchesi, B.M.; Saidel, M.G.B.; Ricas, J.; Turato, E.R. y D.G. Melo, (2011). Amostragem em pesquisas qualitativas: proposta de procedimentos para constatar saturação teórica. *Cadernos de Saúde Pública*, 27, 2, 389–394.

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática pedagógica* (19ª Ed.). São Paulo: Paz e Terra.

Gerhard, A.C. y J.B.R. Filho (2012). A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 17, 1, 125–145.

Gijbels, D.; Dochy, F.; Van den Bossche, P. y M. Segers (2005). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis From the Angle of Assessment. *Review of Educational Research*, 75, 1, 27–61. [doi:10.3102/00346543075001027](https://doi.org/10.3102/00346543075001027).

Grote, M.G. (1995). Science teacher educators' opinions about science projects and science fairs. *Journal of Science Teacher Education*, 6, 1, 48–52.

Hartmann, Â.M. y E. Zimmermann (2009). Feira de ciências: a interdisciplinaridade e a contextualização em produções de estudantes de ensino médio. En ABRAPEC (Eds.), *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 1–12). Florianópolis, Brasil.

Hmelo-Silver, C.E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16, 3, 235–266. [doi:10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3](https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3).

Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning About Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Rotterdam: Sense Publishers.

Hung, W. (2006). The 3C3R model: A conceptual framework for designing problems in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1, 1, 5–22.

Hung, W. (2009). The 9-step problem design process for problem-based learning: Application of the 3C3R model. *Educational Research Review*, 4, 2, 118–141. [doi:10.1016/j.edurev.2008.12.001](https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.12.001).

Hung, W.; Jonassen, D. y R. Lui (2008). Problem-Based Learning. En Jonassen, D.H. (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 485–506). [doi:10.1007/978-1-4419-1428-6_210](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_210).

Jonassen, D. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48, 4, 63–85. [doi:10.1007/BF02300500](https://doi.org/10.1007/BF02300500).

Jonassen, D.H. (1997). Instructional Design Models for Well-Structured and Ill-Structured Problem-Solving Learning Outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 1, 65–94.

Jones, E.A. (2002). Myths about assessing the impact of problem-based learning on students. *The Journal of General Education*, 51, 4, 326–334.

Kirschner, P.; Sweller, J. y R. Clark (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 2, 75–86.

Korkmaz, H. (2012). Making Science Fair: How Can we Achieve Equal Opportunity for All Students in Science? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46(1995), 3078–3082. [doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.014](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.014).

Krasilchik, M. (2008). *Prática de Ensino de Biologia* (4ª Edição). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Laxman, K. (2010). A conceptual framework mapping the application of information search strategies to well and ill-structured problem solving. *Computers & Education*, 55, 2, 513–526. [doi:10.1016/j.compedu.2010.02.014](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.014).

Lima, G.Z. y R.E.C. Linhares, (2008). Escrever bons problemas. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 32, 2, 197–201. [doi:10.1590/S0100-55022008000200007](https://doi.org/10.1590/S0100-55022008000200007).

Lima, M.E.C. (2008). Feiras de Ciências: o prazer de produzir e comunicar. Em A. C. Pavão & D. Freitas (Eds.), *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências* (pp. 195–205). São Carlos: EDUFSCar.

Lima, R. y R.R. Borges (2007). Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, 1, 165–175. En <http://www.webs.uvigo.es/reec>.

Millar, R. y J. Osborne (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College, School of Education.

Moreira, M.A. (2010). Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. En ENECiências (Eds.), *II Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente*. Niterói, Brasil.

Newton, P.; Driver, R. y J. Osborne (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 5, 553–576.

O'Neill, P.A. (2000). The role of basic sciences in a problem-based learning clinical curriculum. *Medical Education*, 34, 8, 608–13.

Osborne, J. (2007). Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 7, 1, 1–16.

Pombo, O. (2005). Interdisciplinaridade e integração dos saberes. *Liinc Em Revista*, 1, 1, 3–15.

Pozo, J.I. (1998). *A Solução de Problemas*. Porto Alegre, RS. Brazil: Artmed.

Rolando, L.G.R.; Salvador, D.F. y M.R.M.P. Luz (2013). The use of internet tools for teaching and learning by in-service biology teachers: A survey in Brazil. *Teaching and Teacher Education*, 34, 46–55. [doi:10.1016/j.tate.2013.03.007](https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.007).

Savery, J. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1, 1, 01–13.

Schmidt, H. (1999). A base lógica de aprendizagem em resolução de problemas. Em E.C.M.G, & V. P (Eds.), *Educação de profissionais de saúde orientada para a comunidade: uma seleção de publicações da Network* (pp. 83–90). Maastricht: Network Publications.

Schneider, R.M. y A.T. Lumpe (1996). The nature of student science fair projects in comparison to educational goals for science. *Ohio Journal of Science*, 96, 4, 81–88.

Society for Science and the Public. (2013). The Intel International Science and Engineering Fair. En <https://student.societyforscience.org/intel-isef>

Sungur, S.; y C. Tekkaya (2006). Effects of Problem-Based Learning and Traditional Instruction on Self-Regulated Learning. *The Journal of Educational Research*, 99, 5, 307–320.

Sweller, J.; Kirschner, P.A. y R.E. Clark (2007). Why Minimally Guided Teaching Techniques Do Not Work: A Reply to Commentaries. *Educational Psychologist*, 42, 2, 115–121. [doi:10.1080/00461520701263426](https://doi.org/10.1080/00461520701263426).

Tortop, H. (2013). Development of teachers' attitude scale towards science fair. *Educational Research and Reviews*, 8, 2, 58–62. [doi:10.5897/ERR12.118](https://doi.org/10.5897/ERR12.118).

Van Gessel, E.; Nendaz, M.R.; Vermeulen, B.; Junod, A. y N.V. Vu (2003). Development of clinical reasoning from the basic sciences to the clerkships: a longitudinal assessment of medical students' needs and self-perception after a transitional learning unit. *Medical Education*, 37, 966–974. [doi:10.1046/j.1365-2923.2003.01672.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.2003.01672.x).

Vasconcelos, S.; Silva, M. y K. Lima (2011). Abordagens e Procedimentos Metodológicos sobre Feiras de Ciências Adotados por Professores de Escolas Públicas em um Município da Zona da Mata de Pernambuco. Em ABRAPEC (Eds.), *Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências* (pp. 1–11). Campinas, SP.

Villani, A.; Almeida Pacca, J.L. y D. Freitas (2009). Science Teacher Education in Brazil: 1950–2000. *Science & Education*, 18, 1, 125–148. [doi:10.1007/s11191-007-9116-4](https://doi.org/10.1007/s11191-007-9116-4).

Yew, E.H.J. y H.G. Schmidt (2011). What students learn in problem-based learning: a process analysis. *Instructional Science*, 40, 2, 371–395. [doi:10.1007/s11251-011-9181-6](https://doi.org/10.1007/s11251-011-9181-6).

Zellers, D.F.; Howard, V.M. y M. A. Barcic (2008). Faculty Mentoring Programs: Reenvisioning Rather Than Reinventing the Wheel. *Review of Educational Research*, 78, 3, 552–588. [doi:10.3102/0034654308320966](https://doi.org/10.3102/0034654308320966).

Anexo 1. Descrição das perguntas-problemas dos grupos avaliados na pesquisa.

Tema	Nível	Tópico (foco)	Pergunta-problema
Química e física verde	1º ano	Uso de combustíveis fósseis	Qual a solução do grupo para amenizar de forma imediata os impactos do uso de energia fóssil no planeta? A energia geotérmica seria uma boa alternativa para o nosso estado?
		Projeto do prédio e da casa verde	Se você fosse construir um prédio ou casa verde com uso somente de energia solar e eólica em São Gonçalo, qual seria o local mais apropriado?
		Tratamento de resíduos e reutilização	Quais soluções o grupo propõe para a construção de novos bairros e construções que possam amenizar essa situação?
Lixo	2º ano	Lixo tecnológico	Para onde vai o rejeito tecnológico gerado por estas empresas e indústrias? Que danos podem causar ao ambiente um tratamento inadequado destes rejeitos tecnológicos?
		Biomassa	Porém, é viável a produção de energia a partir da biomassa nos grandes centros urbanos com é o caso de São Gonçalo? Esta energia pode ser produzida em grande escala?
		Destino do lixo	Para onde está indo o lixo produzido na sua casa ou na sua escola? Que tipos de tratamentos eles recebem? O que podemos e devemos fazer sobre essa situação?
		Lixo como fonte de energia	Quais são os potenciais de utilização do lixo como fonte de energia no Brasil e em São Gonçalo. Por que você e sua equipe acham que ainda é pouco utilizado?
Consumo	3º ano	Consumo de energia	Como conciliar a aumento da demanda de energia com a preservação do meio ambiente?
		Consumo de água	Quais as soluções que o grupo apresentaria caso fizesse parte de um Conselho Gestor de Saneamento de São Gonçalo?
		Consumo de álcool ou gasolina	Quais soluções o grupo apresentaria para a questão levantada pelo ex-presidente?
		Outros combustíveis: Álcool e gás natural	Quais são as perspectivas para a produção de biocombustíveis a partir da mandioca no Brasil? Se a produção de etanol a partir da mandioca pode ser mais barata do que a produção a partir da cana, por que ainda não é largamente utilizada?
		Consumismo	Como o consumo excessivo pode afetar o meio ambiente?

OBS: São Gonçalo é a cidade onde a escolas estava localizada, por isso esta cidade é citada frequentemente nas perguntas propostas pelo grupo, como uma forma de criar uma contextualização ao mundo real dos estudantes.

Anexo 2. Questionário diagnóstico do processo de construção dos projetos para a feira de ciências.

1- O que o grupo conhece sobre o tema proposto?; 2- O que motiva o grupo a trabalhar sobre o tema?; 3- O que desmotiva o grupo a trabalhar sobre o tema?; 4- Identifique pontos-chave e assuntos importantes sobre o tema.; 5- Identifique termos difíceis ou palavras desconhecidas sobre o tema.; 6- Identifique assuntos que o grupo precisou estudar para se aprofundar sobre o tema.; 7- Quais fontes de pesquisa foram utilizadas para elaborar o trabalho.; 8- O grupo teve dificuldade em entender o material fornecido pelo professor orientador.

Anexo 3. Questionário diagnóstico sobre a percepção de aprendizagem dos grupos após a realização da feira de ciências.

1- Identifique aspectos importantes abordados sobre o tema.; 2- Após a apresentação do projeto na feira de ciências o grupo conseguiu criar uma solução prática aplicada ao seu cotidiano a partir do conhecimento adquirido? Qual?; 3- Vocês acham que agora conhecem mais sobre o tema?; 4- Vocês acham que se aprofundaram o suficiente sobre o tema?; 5- Vocês conseguiram responder a todas as perguntas realizadas no dia da feira?; 6- Identifique pontos que vocês ainda não dominam sobre o tema apresentado na feira.; 7- Os recursos disponíveis foram suficientes para a elaboração do trabalho?; 8- Vocês acham que o que aprenderam na criação do projeto foi útil para o seu aprendizado?

Anexo 4. Questionário diagnóstico sobre a percepção dos professores sobre a aplicação dos princípios da ABP no contexto da feira de ciências, com uso de uma escala de Likert.

1- Eu já conhecia a metodologia da ABP (Aprendizagem baseada em problemas).; 2- Tive dificuldade em compreender a metodologia.; 3- Tive dificuldade em aplicar a metodologia com os alunos.; 4- Foi difícil guiar os alunos sem cair na tentação de dar uma resposta pronta.; 5- Eu já utilizava a metodologia da ABP em minhas aulas.; 6- Utilizarei a ABP nas minhas atividades em sala de aula.; 7- A metodologia da ABP deve ser incluída somente em atividades extracurriculares como a feira de ciências.; 8- As atividades propostas usando ABP supriram as minhas expectativas.; 9- Nos trabalhos apresentados na feira de ciências todos os grupos utilizaram a metodologia da ABP.; 10- Houve mudança na motivação e no aprendizado dos alunos em função da ABP.; 11- Depois da feira senti que os alunos melhoraram a capacidade de encontrar soluções para os problemas.; 12- Os alunos ficaram mais interessados pela minha disciplina após a realização da feira.; 13- Os alunos refletiram sobre os problemas propostos como eu esperava.; 14- As soluções apresentadas como projeto na feira tinham caráter prático e aplicado à realidade do aluno.; 15- Não houve mudança no comportamento dos alunos após a feira.; 16- Faça um comentário geral sobre o trabalho realizado.