

A Pesquisa Baseada em Design em Artigos Científicos Sobre o Uso de Ambientes de Aprendizagem Mediados Pelas Tecnologias da Informação e da Comunicação no Ensino de Ciências

PAULA RAMOS¹, TAÍS RABETTI GIANNELLA² e MIRIAM STRUCHINER³

1Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde, paularamos2612@yahoo.com.br, Apoio CAPES

2 Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde, taisrg@yahoo.com.br, Apoio Faperj

3Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde, miriamstru@yahoo.com.br Apoio CNPq

Resumo. Este trabalho tem como objetivo analisar artigos no campo do ensino de ciências que se apóiam na metodologia da Pesquisa baseada em Design para pesquisa e desenvolvimento de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs. O foco da análise é compreender: (1) os problemas educativos abordados; (2) as teorias de aprendizagem eleitas para nortear o desenvolvimento das intervenções pedagógicas; (3) as características das intervenções e (4) os conhecimentos construídos a partir das pesquisas. Quatorze artigos foram selecionados para a análise a partir de um levantamento no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). De forma geral, os artigos apresentam um posicionamento crítico sobre o ensino de ciências, investigando problemas educativos, teorias, intervenções e conhecimentos no sentido de buscar modelos inovadores de ensino-aprendizagem. Conclui-se que o aporte da PBD constitui um possível caminho metodológico para integrar pesquisa e prática no campo de ensino de ciências.

Abstract. This study aims to characterize the research within the field of science education that rely upon the Design-based research methodology (DBR) to do research and development of technology-enhanced learning environments. The focus of the analysis is to understand: (1) the educational problems that were addressed, (2) the learning theories that were chosen to guide the development of educational interventions, (3) the features of these interventions, and (4) the knowledge brought about by these research endeavors. To do that, we selected 14 articles in the Journal Catalogue maintained by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES). Overall, those studies showed a critical stance on science education, exposing educational problems, theories, interventions, and knowledge to pursue innovative approaches to teaching and learning. We conclude that the theoretical and methodological foundation of the DBR appears to be one of the possible paths towards integrating research and practice in the field of science education.

Palavras-chave: Pesquisa baseada em Design, Ensino de ciências, Ambientes de Aprendizagem mediados pelas Tecnologias de Informação e Comunicação

Key-words: Design-based research, Science education, Technology-enhanced Learning Environment

1. INTRODUÇÃO

É crescente o número de pesquisas no campo do ensino de ciências que relatam experiências educativas com o uso das tecnologias de informação e comunicação (TICs) (SALES et al., 2008; MOREIRA, 2009), discutem a formação de professores para o uso desses recursos (DOTTA e GIORDAN, 2007) e investigam o desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem (MACHADO e NARDI, 2007; DIOGO e GOBARA, 2008).

Esses estudos reforçam as potencialidades de tais recursos para o ensino de ciências. No entanto, como aponta Moreira (2004), a pesquisa sobre o uso de TICs ainda carece de maior aprofundamento teórico e metodológico. Um possível caminho a ser explorado é a Metodologia da Pesquisa baseada em Design (PBD), que vem se consolidando no campo da educação, assumindo como fundamento a integração entre a pesquisa e o desenvolvimento de intervenções educativas em contextos reais de aprendizagem. A PBD oferece, assim, uma lente para investigar e compreender “como”, “quando” e “porque” uma inovação educacional funciona na prática (DBRC, 2003; WANG e HANNAFIN, 2005).

A PBD tem sido crescentemente desenvolvida na pesquisa internacional do ensino de ciências, de modo que alguns pesquisadores vêm se destacando na produção acadêmica sobre a metodologia, contribuindo com formulações teóricas (EDELSON, 2002; BARAB e SQUIRE, 2004; DISSESSA e COBB, 2004). Outros trabalhos tratam especificamente da pesquisa e do desenvolvimento de ambientes virtuais para o ensino de ciências (EDELSON, 1999; REISER, 2001; LINN, 2003).

Em linhas gerais, a PBD se caracteriza pelo foco em problemas educativos complexos situados nos contextos de ensino-aprendizagem; pelo desenvolvimento de experiências/intervenções educativas, em que se incluem, também, aquelas com o uso das TICs para contribuir na solução desses problemas; pela integração de teorias educacionais (teorias norteadoras), tanto para compreender os problemas, quanto para desenvolver a experiência pedagógica; pelo desenvolvimento de intervenções a partir de um processo cíclico de análise, desenvolvimento, avaliação e (re)*design* e pela construção de conhecimentos a respeito dos processos de desenvolvimento e de ensino-aprendizagem proporcionado pela intervenção (WANG e HANNAFIN, 2005).

Poucos trabalhos têm buscado caracterizar a produção acadêmica apoiada na PBD, apontando as contribuições para o ensino de ciências. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar um conjunto de trabalhos desse campo que adotam a PBD para a pesquisa e o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs. O foco da análise consiste em compreender como esses estudos vêm se posicionando no campo do ensino de ciências, além de investigar as contribuições dessa metodologia para a pesquisa no campo.

Ao realizarmos um levantamento na produção brasileira, na base Scielo e nas revistas científicas indicadas no *site* da Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (ABRAPEC), não encontramos nenhum artigo do campo de ensino de ciências

que assumisse, no desenvolvimento de sua investigação, a pesquisa baseada em design como metodologia de pesquisa. Dessa forma, este trabalho concentra-se na análise da produção internacional e tem como objetivo também apoiar a difusão desta abordagem na comunidade nacional

2. PESQUISA BASEADA EM DESIGN

A Pesquisa baseada em Design (PBD) é uma metodologia relativamente recente no campo educacional que vem reunindo cada vez mais pesquisadores (VAN DEN AKKER et al., 1999). Na literatura internacional, essa metodologia tem sido abordada por diversos grupos de pesquisa, sendo designada por uma variedade de termos, tais como: *design experiments* (BROWN, 1992; COLLINS, 1992), *developmental research* (VAN DEN AKKER, 1999), *design research* e *design-based research* (DBRC, 2003; WANG e HANNAFIN, 2005). No Brasil, pode-se notar que a metodologia da pesquisa baseada em design começa a ser incorporada em alguns trabalhos do campo da educação, tais como os de nosso grupo de pesquisa que se dedica a pesquisa e ao desenvolvimento de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs para o ensino de ciências e saúde (GIANNELLA, 2007; RAMOS e STRUCHINER, 2008; RAMOS et al., 2009) e os do grupo de pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática da PUC/SP (DRISOSTES, 2005; ARAÚJO, 2007; LEME, 2007).

Na PBD, os problemas educativos identificados pelos sujeitos envolvidos nas práticas pedagógicas, constituem a origem do processo de investigação. Nessa perspectiva, analisar dialogicamente com os envolvidos a situação-problema que está sendo vivida e se deseja transformar consiste no ponto de partida da pesquisa educacional (KOZMA, 2000).

A “análise teórica do problema” consiste em buscar teorias de aprendizagem e princípios norteadores que fundamentem a compreensão dos problemas e orientem a concepção, a construção e a pesquisa de intervenções pedagógicas (JUUITI e LAVONEN, 2006). Segundo Reeves et al. (2005), analisar problemas, integrando as especificidades dos contextos com teorias de aprendizagem é elemento chave de pesquisas que pretendem assumir relevância social.

O desenvolvimento de intervenções em contextos reais de aprendizagem na PBD refere-se não apenas a produtos pedagógicos, tais como materiais e ambientes de aprendizagem, mas também a processos, tais como atividades, currículos e teorias (VAN DEN AKKER, 1999). Essas intervenções são analisadas de forma indissociável do contexto em que ocorrem, constituindo-se pela interação entre produtos, processos,

professores e alunos (DBRC, 2003). Com esse enfoque, as intervenções são realizadas a partir de um processo cíclico de planejamento, de implementação, de análise e de (re)design, em que cada ciclo é considerado uma oportunidade de construção de conhecimento tanto para refinar a experiência desenvolvida como para compreender o processo de aprendizagem (EDELSON, 2002).

Para isso, os ciclos são avaliados formativamente junto aos sujeitos envolvidos nos contextos de ensino-aprendizagem por meio de uma variedade de métodos de coleta e de análise de dados (VAN DEN AKKER, 1999). Em pesquisas que propõem o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs, os objetivos pedagógicos de uso das tecnologias norteiam o desenvolvimento das intervenções. Sob essa perspectiva, a investigação está comprometida não apenas em compreender o impacto da intervenção para a solução do problema educativo, mas, principalmente, em desvelar questões relacionadas ao ensino e à aprendizagem que emergem do contexto de pesquisa (DBRC, 2003).

O compromisso com a construção de conhecimento no que concerne ao processo de desenvolvimento de intervenções é uma das características que diferenciam a PBD de outras metodologias (WANG e HANNAFIN, 2005). A respeito disso, Bannan-Ritland (2003) considera que os conhecimentos construídos ao longo da PBD têm como foco tanto possibilitar o “impacto local” (*local impact*), uma vez que permitem avaliar e refinar a intervenção desenvolvida, quanto o “impacto amplo” (*broader impact*), na medida em que oferecem conhecimentos sobre o processo de aprendizagem que contribuem com pesquisas em contextos semelhantes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os artigos analisados neste estudo foram selecionados a partir de um levantamento na literatura internacional sobre pesquisa em ensino de ciências, com foco nas ciências naturais (Ciências, Biologia, Química, Física), disponível no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Foram pesquisadas as bases dos editores *Springer*, *Wilson* e *Science Direct*. Para selecionar os trabalhos, do campo de EC, que adotassem explicitamente a pesquisa baseada em design como aporte para o desenvolvimento de intervenções mediadas pelas TICs, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: a) “*science education*” ou “*science teaching*”: embora o enfoque estivesse voltado para as ciências naturais, este recorte foi feito durante a triagem; b) “*design-based research*” ou “*design experiment*” ou

“*developmental research*”: estes são os termos mais utilizados no âmbito da metodologia em questão e c) “*virtual*” ou “*online*”: estes termos foram utilizados para contemplar a maior gama de trabalhos voltados para o desenvolvimento e/ou uso de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs.

Com base nessa busca e na leitura do material coletado, foram selecionados 14 artigos que utilizavam explicitamente os conceitos “*design-based research*” (n=12) ou “*design experiment*” (n=2) para pesquisa e desenvolvimento de intervenções com o uso das TICs, para o ensino de ciências naturais.

Na análise, buscou-se caracterizar essas pesquisas através do levantamento de problemas educativos, de teorias norteadoras, de intervenções e de conhecimentos construídos a partir das intervenções.

4. RESULTADOS

O quadro 1 apresenta, em ordem alfabética, as referências dos 14 artigos selecionados para análise e seus respectivos códigos usados ao longo do estudo.

| Referências | Cód. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| BARAB, S.A.; SADLER, T.D.; HEISELT, C.; HICKEY, D.; ZUIKER, S. Relating narrative, inquiry, and inscriptions: supporting consequential play. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 16, n. 1, p. 59-81, 2007. | A1 |
| BARNETT, M.; KEATING, T.; HARWOOD, W.; SAAM, J. Using emerging technologies to help bridge the gap between university theory and classroom practice: challenges and successes. <i>School Science and Mathematics</i> , v. 102, n. 6, p. 299-312, 2002. | A2 |
| BODZIN, A.M. Integrating instructional technologies in a local watershed investigation with urban elementary learners. <i>The Journal of Environmental Education</i> , v. 39, n. 2, p.47-57, 2008. | A3 |
| COTNER, S.H.; FALL, B.A.; WICK, S.M.; WALKER, J.D; BAEPLER, P.M. Rapid Feedback assessment methods: can we improve engagement and preparation for exams in large-enrollment courses? <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 17, p. 437-43, 2008. | A4 |
| DUNLEAVY, M.; DEDE, C; MITCHELL, R. Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 18, n. 1, p.7-22, 2008. | A5 |
| ENYEDY, N.; HOADLEY, C.M. From dialogue to monologue and back: middle spaces in computer-mediated learning. <i>Computer-supported collaborative learning</i> , v. 1, p. 413-39, 2006. | A6 |
| HOULE, M., E.; BARNETT, M.G. Studentes conceptions of sound waves resulting from enactment of a new technology-enhanced inquiry-based curriculum onn urban bird communication. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 17, p. 242-51, 2008. | A7 |
| KONG, S.C.; YEUNG, Y.Y.; WU, X.Q. An experience of teaching for learning by observation: remote-controlled experiments on electrical circuits. <i>Computers & Education</i> , v. 52, p. 702-17, 2009. | A8 |
| KLOPFER, E.; SQUIRE, K. Environmental detectives-the development of na augmented reality plataforma for environmental simulations. <i>Educational Technology Research and Development</i> , v. 56, p. 203-28, 2008. | A9 |
| LIM, C.P.; NONIS, D.; HEDBERG, J. Gaming in a 3D multiuser virtual environment: engaging students in science lessons. <i>British Journal of Educacion Technology</i> , v. 37, n. 2, p. 211-31, 2006. | A10 |
| SQUIRE, K.D.; JAN, M. Mad City Mystery: developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 16, n. 1, p. 5-29, 2007. | A11 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TAASOOBHIRAZI, G.; ZUITER, S.J.; ANDERSON, K.T.; HICKEY, D.T. Enhancing Inquiry, understanding and achievement in a astronomy multimedia learning environment. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 15, n. 5, p. 383-95, 2006. | A12 |
| WANG, S.K; REEVES, T.C. The effects of a web-based learning environment on the student motivation in a high school earth science course. <i>Education Technology Research and Development</i> , v. 55, p. 169-92, 2007. | A13 |
| YARNALL, L.; SHECHTMAN, N.; PENUEL, W. Using handheld computers to support improved classroom assessment in science: results from a field trial. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 15, n. 2, p.142-158, 2006. | A14 |

Quadro 1: Artigos selecionados para análise

Como é possível verificar no quadro 1, os artigos são recentes, concentrando-se principalmente no período entre 2002 e 2009, havendo apenas um trabalho publicado em ano anterior a 2006 (A2) (2002), o que indica que a PBD é uma metodologia relativamente nova no campo de ensino de ciências. Além disso, evidencia-se uma concentração em relação aos periódicos, uma vez que a metade dos artigos foi publicada no *Journal of Science Education and Technology*.

A seguir, apresenta-se a análise dos artigos, adotando-se os principais elementos da PBD como eixo: problema educativo, teorias norteadoras, intervenções e conhecimentos construídos. Vale ressaltar que, embora esses elementos se encontrem indissociáveis no processo de pesquisa, na análise, os abordamos separadamente, como uma forma sistemática de compreender como a metodologia vem sendo adotada nesses estudos.

4.1 – PROBLEMAS EDUCATIVOS

Cinco categorias de problemas educativos são identificadas nos trabalhos examinados, trazendo diferentes focos de problematização, como exposto no quadro 2.

| Problema | Foco | Artigos |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Descontextualização dos conteúdos científicos (n=6) | Falta de contextualização dos conteúdos escolares ao cotidiano dos alunos | A3, A7, A9 |
| | Falta de contextualização social dos conteúdos escolares | A1, A11 |
| | Dificuldade de compreensão dos conceitos científicos abstratos | A8 |
| Desmotivação para a aprendizagem de ciências (n=4) | Descompasso entre o avanço das TICs na sociedade e o modelo de ensino adotado na escola | A5, A10, A13 |
| | Dificuldade de acompanhamento e de avaliação da aprendizagem em turmas com grande quantidade de alunos | A4 |
| Discrepâncias entre estratégias de ensino e métodos de avaliação (n=2) | Carência de instrumentos ou de estratégias avaliativas compatíveis com atividades voltadas à aprendizagem por investigação | A12, A14 |
| Precariedade da formação de professores (n=1) | Falta de espaço para reflexão e discussão sobre metodologias inovadoras que enfoquem o ensino de ciências | A2 |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fragmentação entre os processos de reflexão e de interação na aprendizagem (n=1) | Carência de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs que conciliem estratégias para promover a reflexão e a interação | A6 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Quadro 2: Caracterização dos artigos de acordo com os problemas educativos abordados

Nos artigos analisados, o problema da “descontextualização dos conteúdos científicos” é abordado a partir da dificuldade de os alunos se apropriarem dos conhecimentos científicos trabalhados na escola. Essa questão é problematizada com base: na falta de contextualização do conteúdo no cotidiano dos alunos (A3, A7, A9), na falta de contextualização social dos conteúdos escolares (A1, A11) e na dificuldade de representar os conceitos científicos abstratos (A8).

Os três trabalhos que problematizam a “falta de contextualização dos conteúdos escolares ao cotidiano dos alunos”, propõem a exploração dos recursos naturais disponíveis no entorno da escola com o objetivo de apoiar os alunos na compreensão das inter-relações existentes entre os conceitos científicos e o ambiente em que vivem. No estudo de Houle e Barnett (2006) (A7), por exemplo, o problema da descontextualização tem como argumento o fato de que grande parte das experiências de aprendizagem se desenvolve na sala de aula, sem valorizar os ambientes externos (*outdoor environments*) para a promoção das investigações científicas. O trabalho aponta a necessidade de engajar os alunos em atividades práticas, relacionadas especificamente à ecologia urbana, de modo a estudarem “problemas localmente relevantes” (HOULE e BARNETT, 2006, p.242).

Já os estudos que analisam a “falta de contextualização social dos conteúdos escolares”, fundamentam-se na perspectiva do Movimento Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) para discutir o processo de alfabetização científico-tecnológica dos alunos, possibilitando a compreensão das questões sociais de forma crítica. O trabalho de Barab et al. (2007) (A1), por exemplo, aponta que problemas tais como o aumento de mortalidade de peixes em um parque ambiental, poderiam ser trabalhados na escola por meio da articulação de habilidades e de conhecimentos não apenas científicos, mas também políticos, sociais e econômicos, com a finalidade de os alunos desenvolverem uma concepção crítica e integrada sobre o mundo.

Ao analisar a “dificuldade de compreensão dos conceitos científicos abstratos”, como é o caso da aprendizagem de “circuitos elétricos”, o estudo de Kong et al. (2009) (A8) discute o fato de o ensino desse tema exigir a transmissão de conhecimentos procedimentais e conceituais, que são difíceis de serem compreendidos por crianças do ensino fundamental, pois ainda estão desenvolvendo habilidades de abstração. Aponta,

assim, o desafio de ensinar promovendo sua contextualização por meio de estratégias que permitam a visualização desses conceitos.

Outro problema identificado nos artigos é a “desmotivação para a aprendizagem de ciências”. Este tema é abordado com base na crítica a modelos baseados na transmissão do conhecimento, que colocam os alunos como agentes passivos do processo de aprendizagem. Alguns trabalhos problematizam o descompasso entre o avanço das TICs na sociedade e o modelo de ensino adotado na escola (A5, A10, A13), enquanto um deles (A4) enfatiza a dificuldade de comunicação com o professor e de autoavaliação da aprendizagem em turmas numerosas.

O “descompasso entre o avanço das TICs na sociedade e o modelo de ensino adotado na escola” baseia-se no fato de que a escola continua adotando as mesmas estratégias tradicionais e pouco motivadoras para os alunos, quando a evolução das TICs já vem oferecendo recursos pedagógicos que podem contribuir para despertar o interesse e engajar os estudantes na aprendizagem de conceitos científicos. Esses artigos ressaltam que como as TICs fazem parte da vida dos alunos, permeando suas atividades cotidianas (lazer, comunicação etc), o fato de as escolas não incorporarem estas ferramentas pode fragilizar a criação de vínculo e de identidade dos alunos com as atividades escolares, desmotivando-os para o estudo e a aprendizagem.

Wang e Reeves (2007) (A13), por exemplo, apontam que as escolas reservam pouco espaço para atividades que despertem a motivação intrínseca dos alunos, em especial, no que diz respeito à aprendizagem de conceitos científicos sobre fossilização. O trabalho discute o desafio de se explorar o potencial pedagógico das TICs na criação de possibilidades de interações para apoiar os alunos na aprendizagem de ciências.

A “dificuldade de acompanhamento e de avaliação da aprendizagem em turmas com grande quantidade de alunos” é investigada a partir da constatação de que, nesses contextos, devido à dificuldade de comunicação com os professores e à falta de *feedback* sobre a aprendizagem, os alunos se sentem desestimulados (COTNER et al., 2008) (A4). O trabalho aponta o desafio de o professor adotar estratégias para garantir acompanhamento mais próximo do processo de aprendizagem dos alunos. Esse descompasso aponta para uma situação cada vez mais frequente no cenário nacional e internacional, tendo em vista o crescimento do ensino superior. Assim, o aumento do número de alunos em sala, aliado a fatores de natureza pedagógica, apontam para a necessidade de uma reconfiguração das práticas de acompanhamento e avaliação da aprendizagem.

Os dois artigos que abordam a problemática da “discrepância entre estratégias de ensino e métodos de avaliação” (A12, A14) discutem dilemas relacionados à avaliação em experiências inovadoras de ensino-aprendizagem. Pelo fato de compreenderem que a avaliação é parte do processo ensino-aprendizagem, argumentam que novas práticas educativas exigem novas formas de avaliar. Taasobshirazi et al. (2006) (A12), por exemplo, identificam a dificuldade de desenvolver estratégias para avaliar os alunos no que diz respeito não só à aquisição de conceitos científicos relacionados à astronomia, mas, também, ao desenvolvimento de habilidades de investigação e de argumentação científica. Com isso, o trabalho aponta o desafio de se refinar estratégias de avaliação compatíveis com as atividades de investigação.

O problema da “precariedade da formação de professores” é abordado no estudo de Barnett et al. (2002) (A2), que problematiza a falta de oportunidade de esses profissionais confrontarem suas crenças sobre o ensino de ciências em seus processos de formação inicial, cristalizando, assim, concepções e atitudes centradas no conteúdo. O trabalho discute o desafio de se investir na formação reflexiva sobre a prática pedagógica e aponta a necessidade de se criar espaços de interação e de reflexão acerca das crenças pedagógicas e das experiências de ensino.

Partindo do princípio de que a aprendizagem ocorre por meio da relação entre o pensamento e a linguagem, ou seja, entre internalização e externalização, Enyedy e Hoadley (2006) (A6) assumem “a fragmentação entre os processos de reflexão e interação na aprendizagem” como problema de estudo, apontando a falta de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs que integrem esses dois processos. O trabalho argumenta que a internalização é potencializada em ambientes que facilitem a organização da informação, auxiliando o aluno em seu processo cognitivo; já o processo de externalização é oportunizado em ambientes que possibilitem a interação entre os sujeitos. Como esses dois processos são indissociáveis, Enyedy e Hoadley (2006) destacam a carência de ambientes que integrem essas funções para o ensino de ciências.

4.2 – TEORIAS E PRINCÍPIOS NORTEADORES DA INTERVENÇÃO

Os trabalhos analisados assumem o construtivismo como teoria norteadora das intervenções. Com base nessa matriz epistemológica, os pesquisadores adotam diferentes princípios norteadores, utilizados com diversos enfoques e referências teóricas, como apresentado no quadro 3.

| Princípios norteadores | Enfoque | Principais referências teóricas adotadas* | Artigos |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Aprendizagem baseada em investigação (n=7) | Investigação científica autêntica | Haury (1993); Tinker e Krajcik (2001); Chinn e Malhotra (2002); Lee e Sobger (2003); McGee et al. (2003) | A9, A10, A11, A12, A14 |
| | Investigação sociocientífica | Yager (1996); Linn et al. (1999); Patronis et al. (1999); Pedretti, (1999); Kolsto (2000); Zohar e Nemet (2002) | A1 |
| | Investigação guiada | White e Gunstone (1992); Martin-Hansen (2002); Kearney (2003) | A8 |
| Aprendizagem situada (n=3) | Aprendizagem em contextos naturais | Brown et al. (1989); Cognition and Technology Group at Valderbilt (1993); Cobb e Bowers (1999) | A3, A5, A7 |
| Aprendizagem baseada em aspectos sociocognitivos (n=3) | Metacognição | Chickering e Gamson (1987) | A4 |
| | Motivação intrínseca | Malone e Lepper (1987) | A13 |
| | Discurso progressivo | Cole (1996) e Wertsch (1985) | A6 |
| Aprendizagem colaborativa (n=1) | Comunidade de aprendizagem | Blumenfeld et al. (1996) | A2 |

Quadro 3: Caracterização dos artigos de acordo com os princípios norteadores adotados

*Esses referenciais não foram aprofundados no presente artigo, servindo como contextualização dos princípios adotados nos trabalhos analisados.

Os artigos que apresentam os princípios norteadores da “aprendizagem baseada em investigação” adotam essa abordagem como um dos possíveis caminhos para colocar os alunos em um papel ativo diante do conhecimento científico e do processo de aprendizagem. Diferentes enfoques são aí identificados: investigação autêntica (A9, A10, A11, A12, A14), investigação sociocientífica (A1) e investigação guiada (A8).

O enfoque da “investigação autêntica” assume que a aprendizagem deve apoiar os alunos na atividade de “fazer ciência” e pensar cientificamente de acordo com as etapas da pesquisa, oferecendo desafios e atividades que motivem os alunos a colocarem “a mão na massa” (*hands on*), a fazerem perguntas, a construir soluções e a testarem resultados, aprendendo, com isso, não apenas o conteúdo, mas também a estrutura do pensamento científico. O artigo de Squire e Jan (2007) (A11), por exemplo, se baseia no “modelo de investigação autêntica” para argumentar que os alunos, para aprenderem o conteúdo sobre qualidade da água, deveriam: (1) gerar uma questão de pesquisa, (2) desenhar um estudo para investigar essa questão, (3) fazer observações para responder essa questão, (4) desenvolver métodos, ferramentas e argumentação para explicar os resultados, (5) desenvolver teorias e evidências e (6) pesquisar outros trabalhos.

Para discutir a “investigação socio-científica”, Barab et al. (2007) (A1) apontam a necessidade de promover o “fazer ciência” de forma ativa, contudo enfatizam que o papel central do ensino de ciências deve ser o desenvolvimento da alfabetização científica e

tecnológica dos alunos por meio da resolução de questões socialmente relevantes. O estudo se baseia no “modelo de investigação socio-científica” desenvolvido por eles, segundo o qual a aprendizagem científica busca integrar três aspectos básicos: engajamento em uma narrativa (contexto), construção/desconstrução de fontes (fontes de informação) e realização de investigação científica (prática).

O estudo de Kong et al. (2009) (A8) assume a “investigação guiada” como enfoque, na qual o professor ocupa um lugar chave na condução do processo investigativo, devendo propor questões, prover materiais e oferecer sugestões aos alunos sobre o que observar. Os autores consideram que, em razão da faixa etária dos alunos de ensino fundamental, o papel do professor como orientador das atividades experimentais é ainda mais importante para proporcionar a aprendizagem efetiva dos conceitos científicos.

O princípio norteador da “aprendizagem situada” é adotado em pesquisas que valorizam a aprendizagem em contextos reais, por meio do trabalho de campo dos alunos (A3, A5, A7), assumindo que o contexto é um elemento indissociável do processo de aprendizagem, devendo ser articulado às práticas pedagógicas. O trabalho de Bodzin (2008), por exemplo, busca situar o conteúdo de qualidade da água, explorando a bacia hidrográfica localizada no entorno da escola. Segundo os autores, o trabalho de campo favorece não apenas a aprendizagem dos conceitos como a consciência ambiental dos alunos.

A “aprendizagem baseada em aspectos socio-cognitivos” como princípio norteador pressupõe que a aprendizagem, para ocorrer de forma efetiva, deve propiciar a interação, a atividade e o engajamento dos alunos. Nesses artigos, verifica-se a existência de diferentes enfoques, nos quais se assume, como objetivo da aprendizagem, desenvolver a “metacognição” (A4), a “motivação intrínseca” (A13) e o “discurso progressivo” dos alunos (A6).

Cotner et al. (2008) (A4) baseiam-se em estratégias para promover a metacognição e consideram que os alunos precisam adquirir consciência do seu processo de aprendizagem por meio da realização de atividades e da comunicação e *feedback* do professor. Nesse sentido, o trabalho defende que o papel do processo de ensino-aprendizagem é desenvolver a “compreensão metacognitiva” do aluno, permitindo que este se autoavalie, acompanhando o que já sabe e o que precisa aprender.

Wang e Reeves (2006) (A13) abordam o desenvolvimento da “motivação intrínseca”, argumentando que a aprendizagem deve apoiar o engajamento ativo dos alunos a partir do oferecimento de estratégias que desafiem e despertem a sua curiosidade. Para

tal, fundamentam-se nas estratégias de “motivação intrínseca” para argumentar sobre a importância de a aprendizagem científica promover: desafio (nível de dificuldade da atividade), curiosidade (incerteza nos resultados), controle (possibilidade de escolha) e fantasia (contextualização).

O desenvolvimento do “discurso progressivo” é tratado por Enyedy e Hoadley (2006) (A6) como forma de potencializar a aprendizagem de ciências por meio de um movimento iterativo de reflexão e de interação para a construção progressiva do conhecimento científico. O trabalho se baseia na perspectiva sociocultural e defende que, para aprender, os alunos deveriam participar de um processo dialético entre a interação com outros ou externalização (diálogo) e a reflexão ou internalização dos conceitos (monólogo).

O artigo de Barnett et al. (2002) (A2) fundamenta-se nos princípios da “aprendizagem colaborativa” para aprofundar a discussão do papel da interação e da colaboração dos indivíduos na construção de uma comunidade de prática baseada na compreensão compartilhada acerca dos conteúdos científicos, tendo por base a articulação das crenças dos professores. O trabalho propõe a criação de uma comunidade de aprendizagem, pautado no fato de que a formação dos professores deveria incorporar estratégias que favorecessem o compartilhamento e a reflexão sobre métodos inovadores no ensino de ciências, de modo a potencializar o desenvolvimento de práticas baseadas em investigação.

4.3 – INTERVENÇÕES

Como apresentado no quadro 4, é possível caracterizar as intervenções desenvolvidas com base nos seguintes aspectos: objetivo do uso das TICs, recurso tecnológico utilizado, contexto / nível de ensino e conteúdo trabalhado.

| Objetivo do uso das TICs | Recurso tecnológico | Contexto / Nível de ensino | Conteúdo trabalhado | Cod . |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Apoiar a aprendizagem científica contextualizada (n=7) | Ambiente Virtual Multi-usuário (<i>Multi-user virtual environment</i>) | Sala de aula / Ensino Fundamental e Médio | Qualidade da água | A1 |
| | | Sala de aula / Ensino Fundamental e Médio | Qualidade da água | A10 |
| | Jogo de Realidade Aumentada | Atividade de campo / Ensino Fundamental e Médio | Qualidade da água | A11 |
| | | Atividade de campo/ Ensino Fundamental e Médio | Energia | A5 |
| | | Sala de aula / Ensino Superior, Ensino Fundamental e Formação de Professores | Ciência Ambiental | A9 |
| | <i>Software</i> para exploração do ambiente (captura de som e localização espacial) | Atividade de campo / Ensino Fundamental | Ondas sonoras | A7 |
| | | Atividade de campo / Ensino Fundamental | Ecossistemas de lagoas | A3 |
| | Apoiar a formação dos professores e o desenvolvimento de atividades educativas inovadoras (n=4) | <i>Software</i> para apoiar o professor no desenvolvimento de atividades pedagógicas | Professores de Ensino Fundamental e Médio | Desenvolvimento de materiais de avaliação |
| Sala de aula / Ensino Superior | | | Desenvolvimento de materiais de avaliação | A4 |
| Sala de aula/ Ensino Superior | | | Astronomia | A12 |
| Fórum de discussão | | Sala de aula / Formação de professores | Metodologias inovadoras para o ensino de ciências | A2 |
| Facilitar a aprendizagem de conceitos e/ou fenômenos de difícil visualização (n=2) | <i>Software</i> ou Ambiente Virtual de Aprendizagem para simulação | Sala de aula / Ensino fundamental | Eletricidade | A8 |
| | | Sala de aula / Ensino Médio | Fossilização | A13 |
| Promover o processo de interação reflexiva (n=1) | <i>Softwares</i> para organização da informação e interação entre os alunos | Sala de aula / Ensino Fundamental | Energia | A6 |

Quadro 4: Caracterização dos artigos de acordo com os objetivos do uso das TICs na intervenção

Os artigos que utilizam as TICs com objetivo de “apoiar a aprendizagem científica contextualizada”, baseiam-se nas potencialidades das tecnologias para criar ambientes narrativos capazes de contribuir à compreensão contextualizada dos conceitos científicos. Nesses trabalhos, os ambientes de aprendizagem utilizados são, principalmente, Ambientes Virtuais Multi-usuário (*Multi-User Virtual Environment* - MUVE) (A1, A10), Jogos de Realidade Aumentada (A5, A9, A11) e *softwares* para exploração do ambiente (A7, A3).

Os MUVES são mundos virtuais em que o aluno é representado graficamente por um personagem (avatar) no próprio contexto do sistema e interage com outros participantes e objetos (DUNLEAVY et al, 2008). Os jogos de realidade aumentada são atividades em que os alunos exploram um contexto natural (p.ex. entorno de determinadas escolas, parques etc.), utilizando artefatos digitais (celulares, GPS, *palmtops* etc.) para investigar desafios que misturam elementos reais com elementos virtuais. Nesse contexto, há uma superposição, simultânea, do mundo real e de dispositivos computacionais, oferecendo oportunidades, por exemplo, para que materiais concretos (ex. desenhos em papel, material coletado) e ações (caminhadas) sejam reconhecidos por artefatos digitais (ex. exemplo *webcam*, GPS, *palmtops*) criando elementos virtuais (ex. personagens, trajetos etc). Desse modo, a investigação incorpora todos esses elementos de uma forma dinâmica (DUNLEAVY et al, 2008).

Os trabalhos que recorrem aos MUVES assumem como objetivo criar ambientes de imersão a serem explorados nas atividades de sala de aula, em que o aluno é apresentado a um desafio. Barab et al. (2007) (A1), por exemplo, para investigar o problema da descontextualização dos conceitos de qualidade da água em uma turma de ensino fundamental, realizam uma intervenção em sala de aula, na qual utilizam um MUVE (*Quest Atlantis*) desenvolvido a partir do modelo de investigação sociocientífica, visando desafiar os alunos a resolverem o caso de um parque que enfrenta um problema relacionado ao declínio do número de peixes nos lagos. Nesta situação, os alunos são apresentados a uma narrativa que os coloca diante de uma polêmica e, para solucioná-la, precisam equilibrar questões científicas com questões econômicas e políticas.

Os estudos que empregam os “Jogos de Realidade Aumentada” buscam promover estratégias em que os alunos são desafiados a resolver investigações mediante a exploração de contextos do mundo real. Squire e Jan (2007) (A11), por exemplo, também voltados para o problema da descontextualização dos conceitos de qualidade da água, desenvolvem uma intervenção apoiados no Modelo de Investigação Autêntica. Utilizam um jogo (*Mad City Mystery*) - que é realizado no campus de uma universidade, ao ar livre - com grupos de alunos do ensino fundamental e médio, os quais usam *palmtops* como ferramentas para solucionar um “mistério” sobre a causa da morte de um personagem, sabendo-se que um dos fatores teria sido o consumo de peixes de águas contaminadas.

Para resolver o mistério, em cada grupo, os alunos assumem diferentes papéis – médicos, cientistas ambientais e oficiais do governo – de modo que cada aluno possui uma diferente função na equipe. Por exemplo, o médico diagnostica os sintomas do

personagem, o cientista ambiental coleta amostra de peixes (virtualmente nos *palmtops*) e o oficial do governo entrevista personagens virtuais e examinam documentos. Ao final da atividade, as equipes devem explicar ao policial (interpretado por uma pessoa real), a conclusão que chegaram sobre a causa da morte do personagem.

Os estudos que desenvolvem intervenções com o uso de *softwares* para exploração do ambiente, buscam oferecer estratégias de exploração do meio em atividades de campo. Houle e Barnett (2008) (A7), por exemplo, relatam a utilização de *softwares* de captura e de visualização de som com alunos de ensino fundamental, tendo por objetivo promover a contextualização dos conceitos de ondas sonoras em saídas de campo. Os alunos são desafiados a estudar os conceitos relacionados à bioacústica de pássaros a partir da investigação de como esses animais adaptam suas formas de comunicação em contextos urbanos com muita poluição sonora. Com esse objetivo, as TICs são utilizadas tanto para gravar o som dos pássaros quanto para visualizá-los, de modo a trazer informações do meio ambiente para serem investigadas dentro da sala de aula.

Os trabalhos que utilizam as TICs para “apoiar a formação dos professores e o desenvolvimento de atividades educativas inovadoras” baseiam-se nas potencialidades de construção e de colaboração oferecidas por essas tecnologias para auxiliar os professores no desenvolvimento de suas práticas. O trabalho de Yarnall et al. (2006) (A14), por exemplo, propõe o uso de quatro *softwares* de autoria para apoiar professores na construção de estratégias de avaliação que contemplem a natureza investigativa da ciência. Já o artigo de Barnett et al. (2002) (A2) trata da pesquisa e do desenvolvimento de um fórum de discussão *online* sobre aprendizagem baseada em investigação em um curso de formação de professores. O objetivo desse fórum é instigar a discussão e a reflexão dos alunos, permitindo que revejam suas concepções de ensino.

Os trabalhos que utilizam as TICs com a finalidade de “facilitar a aprendizagem de conceitos ou fenômenos de difícil visualização”, exploram as potencialidades de visualização e de simulação para representar os conteúdos por meio de modelos simplificados, permitindo a compreensão dos alunos sobre a relação entre as variáveis que influenciam o fenômeno estudado. Wang e Reeves (2006) (A13), por exemplo, utilizam um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) para potencializar a visualização e a aprendizagem dos conceitos envolvidos na fossilização. Segundo os autores, esse fenômeno resulta da combinação de muitas variáveis ambientais abstratas. O ambiente, então, permitiria que os alunos selecionassem as variáveis e, a partir disso, simulassem os diferentes cenários de fossilização.

Enyedy e Hoadley (2006) (A6) utilizam as TICs para “promover a interação reflexiva dos alunos” e, para isso, exploram as potencialidades das tecnologias relacionadas à organização da informação e à comunicação, de modo a possibilitar um processo integrado de diálogo entre alunos e internalização de conceitos. O trabalho propõe a integração de dois *softwares*: um, com objetivo de proporcionar a organização da informação (*Sense Maker*) e outro, para proporcionar o diálogo entre alunos (*Speakeasy*). Esses recursos são utilizados em uma atividade educativa para trabalhar conceitos de calor com um grupo de alunos do ensino fundamental. Os alunos, em duplas, são desafiados a planejar uma casa que mantenha a temperatura confortável tanto nos dias quentes quanto nas noites frias do deserto. As duplas são encorajadas a discutir com outros alunos sobre os conceitos científicos necessários ao desenvolvimento da atividade (por meio do *Speakeasy*) e, depois, a organizar esse conhecimento compartilhado (no *SenseMaker*).

4.4 – CONHECIMENTOS CONSTRUÍDOS

Como apresentado no quadro 5, é possível identificar conhecimentos construídos a partir dos resultados das intervenções.

| Conhecimentos construídos | Resultados relacionados | Artigos |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Sobre o impacto da intervenção mediada pelas TICs na solução do problema educativo (n=14) | Aspectos positivos e negativos do contexto que influenciaram o resultado obtido | Todos os artigos |
| Sobre o potencial dos ambientes virtuais mediados pelas TICs para o ensino de ciências (n=11) | Características tecnológicas dos ambientes virtuais | A1, A2, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A11, A14 |
| | Características pedagógicas dos ambientes virtuais | A1, A5, A7, A9, A11, A13 |
| Sobre o processo de pesquisa (n=10) | Aspectos positivos e negativos que influenciaram o processo de pesquisa | A1, A2, A3, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A13 |
| Sobre teorias de aprendizagem (n=2) | Contribuições para as teorias existentes | A2, A12 |

Quadro 5: Caracterização dos artigos de acordo com os tipos de conhecimentos construídos a partir da intervenção e os resultados relacionados

Todos os artigos examinados oferecem, como achados de pesquisa, conhecimentos “sobre o impacto da intervenção mediada pelas TICs na solução do problema educativo”. Estes apontam não apenas a contribuição da intervenção para o contexto de aprendizagem, mas também os aspectos desse contexto que influenciam os resultados obtidos, permitindo o refinamento da experiência pedagógica. O trabalho de Taasobshirazi et al. (2006)

(A12), por apresentar dois ciclos de intervenção, coloca em prática e ilustra esse processo de refinamento. O objetivo do trabalho é o de desenvolver estratégias de avaliação para enriquecer simultaneamente as atividades de aprendizagem baseada em investigação e a aquisição de conteúdos científicos. Para isso, em uma turma do ensino médio, os pesquisadores desenvolvem uma intervenção com o uso de um *software* multimídia com atividades de investigação sobre o sistema solar. No primeiro ciclo, verificam que a experiência não contribui de modo significativo para o desenvolvimento da argumentação científica devido, principalmente, à falta de familiaridade do professor com as atividades de investigação. Tal fato possibilita que, no segundo ciclo, implementem estratégias para apoiar o professor na atividade, melhorando o seu desempenho e a contribuição para a solução do problema educativo. Dessa forma, concluem que, para atingir os objetivos pedagógicos desejados, é necessário não apenas planejar a atividade educativa, mas também preparar o professor para desempenhá-la.

Os conhecimentos “sobre o potencial dos ambientes virtuais mediados pelas TICs para o campo do ensino de ciências” são elaborados nos artigos tanto como contribuições sobre as características tecnológicas (A1, A2, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A11, A14) quanto sobre as características pedagógicas das intervenções para o campo do ensino de ciências (A1, A5, A7, A9, A11, A13). Squire e Jan (2007) (A11), por exemplo, ressaltam que os Jogos de Realidade Aumentada, em virtude de suas características tecnológicas e do interesse que despertam, constituem ferramentas promissoras para o desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica e das habilidades de linguagem oral dos alunos. Já o trabalho de Wang e Reeves (2007) (A13) enfatiza a contribuição das características pedagógicas do ambiente virtual de aprendizagem (AVA) sobre fossilização com base nos seguintes princípios: curiosidade, desafio, fantasia e controle. A partir dos resultados, os autores concluem que esses princípios contribuem para o desenvolvimento de atividades que busquem motivar os alunos para a aprendizagem de ciências em geral.

Os conhecimentos “sobre o processo de pesquisa” (A1, A2, A3, A5, A6, A8 a A11, A13) são construídos a partir da análise retrospectiva da intervenção, buscando ressaltar os aspectos procedimentais positivos ou negativos que influenciam o desenvolvimento da investigação, tais como os métodos utilizados e a atividade do pesquisador. Esses achados apontam a possibilidade de realizar o refinamento da intervenção, além de oferecerem conhecimentos que podem contribuir para o desenvolvimento de pesquisas em contextos semelhantes. Bodzin (2008) (A3), por exemplo, conclui, a partir da análise da intervenção,

que a parceria entre o pesquisador e o professor, envolvidos no contexto, possibilita o desenvolvimento de materiais adaptados às necessidades dos alunos.

Os trabalhos que propiciam conhecimentos “sobre teorias de aprendizagem” (A2, A12) para o campo de ensino de ciências, aprofundam o desenvolvimento de modelos teóricos a partir da intervenção realizada, contribuindo principalmente com o âmbito acadêmico. Barab et al. (2007) (A1), por exemplo, assumem como um dos objetivos da pesquisa contribuir com a evolução do “modelo de investigação socio-científica”. Os autores se baseiam nesse modelo que continha inicialmente três princípios – narrativa, fontes e investigação – para desenvolver e avaliar a intervenção. Com base nos resultados, os autores identificam quatro princípios adicionais – fontes externas, facilitação do professor, negociação social e experiência prévia – que influenciam significativamente a intervenção, sendo incorporados ao modelo e acarretando, portanto, seu refinamento.

5. DISCUSSÃO

Tendo como objetivo analisar um conjunto de trabalhos da área de ensino de ciências que adotam a PBD para a pesquisa e o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs, este estudo utiliza o aporte dessa metodologia como um critério de seleção dos artigos e, também, como eixo norteador da análise. É possível identificar e caracterizar os trabalhos analisando as contribuições dessa metodologia para o desenvolvimento de pesquisas no campo do ensino de ciências.

Em relação aos problemas educativos abordados, identificam-se nessas pesquisas questões como a descontextualização dos conteúdos científicos, a desmotivação dos alunos para a aprendizagem de ciências, a discrepância entre as estratégias de ensino e os métodos de avaliação, a precariedade da formação dos professores e a fragmentação entre os processos de reflexão e interação na aprendizagem. Como é possível verificar, os artigos abordam questões contemporâneas importantes do ensino de ciências, amplamente discutidas na literatura, relacionadas à transformação do ensino científico tanto no que tange à formação e à prática dos professores (BAPTISTA, 2003; SANTOS et al., 2006), quanto ao que se refere à formação dos alunos, no sentido de lhes oferecer um papel ativo na aprendizagem, articulando os conteúdos científicos aos seus cotidianos (AULER, 2003; MANECHINE et al., 2006).

Para Krasilchic (2000), na medida em que a ciência e a tecnologia ocupam papel cada vez mais significativo no âmbito social, econômico e político, o ensino de ciências também ganha maior destaque, tornando-se objeto de inúmeros movimentos de

transformação educacional, dentre os quais se destaca o “Movimento ciências para todos”, que repercute na formação dos professores e dos alunos, e relaciona a aprendizagem das Ciências à vida diária e à experiência dos estudantes. Nessa mesma linha, o “Movimento Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS)” reivindica que o objetivo da formação em ciências é o de preparar o cidadão para participar dos processos de tomada de decisão relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico da comunidade em que atua (KRASILCHIC, 1992; ANGOTTI e AUTH, 2001).

O construtivismo é a teoria que orienta a pesquisa e o desenvolvimento dos trabalhos, corroborando uma tendência do campo de ensino de ciências de se fundamentar predominantemente nessa abordagem (LEMGRUBER, 2000; MATTHEWS, 2002). Para o desenvolvimento das intervenções, os artigos adotam os princípios norteadores da aprendizagem baseada em investigação, aprendizagem situada, aprendizagem colaborativa e aprendizagem baseada em aspectos sociocognitivos. Sendo assim, em geral, os trabalhos apresentam uma concepção de ensino de ciências em que os alunos são compreendidos como sujeitos ativos, estimulados a refletir e a questionar o conhecimento científico, assim como a tomar decisões e argumentar. Nos trabalhos voltados à formação e à atividade docente, os professores também são considerados de forma ativa, como elementos essenciais da prática de ensino, assumindo-se como necessário promover sua reflexão e ação.

Nas intervenções, as TICs são utilizadas para apoiar a aprendizagem científica contextualizada, a aprendizagem de conceitos e/ou processos de difícil visualização, a formação e a atividade dos professores e a interação reflexiva. Dessa forma, a tecnologia é utilizada a partir de uma variedade de recursos tecnológicos para enfrentar problemas educativos encontrados nos contextos de ensino-aprendizagem. As TICs não são exploradas de uma única maneira, mas a partir de múltiplas possibilidades, de acordo com os objetivos da intervenção, contextos de aprendizagem e problemas educativos. Sobre isso, Mishra e Khoeler (2008) reforçam que o desenvolvimento de diferentes funções e habilidades cognitivas reivindica estratégias e recursos educativos específicos. Por exemplo, por despertarem o interesse e fazerem parte do cotidiano de jovens e adolescentes, MUVES e Jogos de Realidade Aumentada são utilizados em atividades educativas para promover a aprendizagem contextualizada de conteúdos científicos. Por outro lado, para apoiar a formação e a atividade dos professores, fóruns de discussão e *softwares* de autoria são utilizados para promover a reflexão sobre metodologias

inovadoras em cursos de formação de professores e na construção de atividades pedagógicas.

Outro aspecto que se destaca em relação às intervenções, é o fato de que foram desenvolvidas e avaliadas em contextos reais de ensino-aprendizagem, junto a professores e alunos em momentos de sala de aula ou em trabalhos de campo. O papel do contexto na pesquisa também é discutido por Giordan (2005), que argumenta não ser possível considerar as atividades em sala de aula com o uso das tecnologias, a partir de suas características singulares, mas levando em conta seu caráter situado.

Ainda em relação à intervenção, é possível verificar que os conteúdos abordados nas atividades pedagógicas com alunos do ensino fundamental e médio demonstram preocupação ambiental, uma vez que se concentram em temas como: qualidade da água, ecossistemas de lagoas, energia etc. Segundo Krasilchik (2000), em contextos de ensino científico, os conteúdos abordados refletem as idéias correntes sobre a ciência: antigamente, a Ciência era considerada uma atividade neutra, isentando os pesquisadores do julgamento de valor sobre o que estavam fazendo, enquanto atualmente outros valores e temáticas são incorporados aos currículos, tais como as crises ambientais, o aumento da poluição e a crise energética.

Constata-se, nos estudos, uma diversidade de conhecimentos construídos a partir das intervenções, tais como: o impacto da intervenção mediadas pelas TICs na solução do problema educativo, o processo de pesquisa, o potencial dos ambientes de aprendizagem mediados pelas TICs para o campo de ensino de ciências e teorias de aprendizagem. Os artigos analisados investigam os aspectos contextuais que influenciam a intervenção, apontando possibilidades de refinamento. Assim, o contexto assume papel importante não só no desenvolvimento da intervenção, como também na construção de conhecimento a seu respeito. Outro aspecto que se destaca é o fato de, em geral, os trabalhos contribuírem com conhecimentos de diferentes naturezas, buscando tanto aprimorar a intervenção quanto, a partir dela, colaborarem com encaminhamentos teóricos e metodológicos para o campo. Para Greca (2002), essa reflexão sobre teorias e instrumentos metodológicos utilizados nas pesquisas constitui aspecto que ainda precisa ser mais explorado no campo de ensino de ciências.

Além de situar esses trabalhos no campo do ensino de ciências, a análise desenvolvida no presente estudo permite discutir algumas contribuições que a PBD oferece para a pesquisa de intervenções mediadas pelas TICs para o ensino de ciências. Nesta metodologia, o problema educativo assume papel importante no processo de investigação,

norteando a adoção das teorias norteadoras e o desenho das intervenções (VAN DEN AKKER, 1999; WANG e HANNAFIN, 2005). Nos estudos analisados, verifica-se que, em geral, os pesquisadores definem os problemas educativos relacionados às suas práticas pedagógicas e estes motivam a pesquisa e o desenvolvimento das intervenções.

Como aponta a PBD, as teorias e os respectivos princípios norteadores constituem “lentes” com as quais os pesquisadores olham o problema e desenvolvem a intervenção (VAN DEN AKKER, 1999). No presente trabalho constata-se essa relação. Por exemplo, os estudos que assumem como problema a “descontextualização dos conteúdos científicos” (BARAB et al., 2007; SQUIRE e JAN, 2007; BODZIN, 2008; HOULE e BARNETT, 2008; KLOPFER e SQUIRE, 2008; KONG et al., 2009) fundamentam-se nos princípios da aprendizagem baseada em investigação e na aprendizagem situada para o desenvolvimento das intervenções. Reeves et al (2005) ressaltam que analisar problemas educativos, integrando as especificidades dos contextos com teorias de aprendizagem, é elemento-chave de pesquisas que pretendem assumir relevância social, contribuindo para a melhoria das práticas educativas.

A intervenção, na PBD, é considerada uma oportunidade de construção de conhecimento tanto para refinar a experiência desenvolvida como para compreender o processo de aprendizagem (EDELSON, 2002; DBRC, 2003). Isto revela a coerência entre os elementos da pesquisa e a relação indissociável entre teoria e prática da pesquisa e desenvolvimento de intervenções educativas (DBRC, 2003). Essa característica da PBD é identificada nos trabalhos, uma vez que se verifica que o uso das TICs esteve relacionado tanto com os problemas e contextos educativos quanto com os princípios norteadores adotados. Por exemplo, os trabalhos voltados para o problema educativo da descontextualização dos conteúdos científicos que se apóiam nos princípios da aprendizagem situada (BODZIN, 2008; HOULE e BARNETT, 2008), utilizam as TICs para dar suporte à exploração do meio ambiente em atividades de campo (*softwares* para captura de som e para localização espacial).

Em geral, a escolha dos recursos também é influenciada nos estudos pelo foco do problema educativo abordado. Por exemplo, os artigos de Barab et al. (2007) (A1) e Squire e Jan (2007) (A11) definem como problema educativo a descontextualização dos conceitos científicos relacionados à qualidade da água para alunos de ensino fundamental e médio. O foco do problema de Barab et al (2007) situa-se em relação à contextualização social dos conteúdos escolares, enquanto o de Squire e Jan (2007) diz respeito à contextualização do conteúdo no cotidiano dos alunos. Desse modo, Squire e Jan (2007) propõem uma

intervenção com o uso de um Jogo de Realidade Aumentada, que inclui atividade de campo no entorno da escola dos alunos, incentivando o conhecimento sobre o ambiente local; enquanto que Barab et al. (2007) utilizam um MUVE, que explora virtualmente uma narrativa mediante a qual os estudantes se defrontam com um dilema que envolve aspectos científicos e sociais. Com isso, é possível verificar que o uso das TICs nesses estudos não constitui um fim em si mesmo, mas um meio para buscar a solução de problemas educativos. Essa característica alinha tais pesquisas com a teoria crítica da tecnologia (FEENBERG, 2003), segundo a qual a tecnologia não é neutra e integra valores aos processos em que é utilizada, embora estes não sejam absolutos, mas construídos durante o uso.

Segundo a PBD, os resultados obtidos nas pesquisas são considerados oportunidades de aprendizagem sobre o próprio processo de desenvolvimento de intervenções. Há um esforço de que os achados de pesquisa sejam mais do que conhecimentos prescritivos a serem seguidos por outros pesquisadores, buscando-se oferecer princípios práticos que auxiliem o processo de decisão em contextos semelhantes (EDELSON, 2002; DISESSA e COBB, 2004).

Os artigos analisados oferecem conhecimentos acerca da própria intervenção e de sua interação com o contexto de aprendizagem, contribuindo para a melhoria da intervenção, permitindo o seu “refinamento progressivo” (COLLINS et al., 2004). Verifica-se também que, em geral, esses estudos não adotam como foco apenas o desenvolvimento da intervenção, valorizando também a oportunidade que esta oferece para o avanço do conhecimento sobre o processo de pesquisa e de desenvolvimento e sobre a aprendizagem de ciências. O compromisso da pesquisa com o avanço do conhecimento é uma das principais características da PBD, que busca contribuir com a realização de pesquisas em contextos semelhantes (DBRC, 2003; WANG e HANNAFIN, 2005).

6. CONCLUSÃO

Com base na análise dos artigos, pode-se concluir que, em geral, os estudos apoiados na PBD, que propõem intervenções mediadas pelas TICs para o ensino de ciências, objeto deste trabalho, se engajam em problemas, teorias e modelos de estudo compatíveis com as principais tendências no campo. Nesse sentido, buscam melhorar a qualidade do ensino científico, a partir da compreensão de que este não deve se limitar à

transmissão de fatos científicos, mas incentivar os alunos a refletir, a se questionar e a construir conhecimentos não apenas no que se refere aos conteúdos, mas também ao pensamento científico (KRASILCHIC, 1992, 2000; ANGOTTI e AUTH, 2001). Nesse sentido, verifica-se que as TICs podem ser utilizadas, de diversas maneiras, como elemento de mudança das práticas educativas em contextos reais do ensino de ciências.

Além disso, esses estudos são orientados para a solução de problemas educativos complexos do campo de ensino de ciências e demonstram a preocupação em aliar desenvolvimento e pesquisa, na medida em que integram, ao longo do processo, a teoria educacional, a intervenção desenvolvida e a prática educativa. A PBD, assim, constitui um aporte metodológico que pode contribuir para a construção de conhecimento no campo do ensino de ciências. Isto porque é fundamental integrar a prática educativa e as teorias de aprendizagem não apenas para propiciar a compreensão sobre a intervenção, mas, sobretudo, para contribuir com o desenvolvimento teórico sobre o ensino e a aprendizagem (DBRC, 2003).

Desse modo, a PBD é um possível caminho a ser explorado para integrar pesquisa e prática no ensino de ciências, abrindo um campo a ser investigado com maior profundidade, devendo incorporar questões específicas dos contextos educativos brasileiros.

REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, J.A.P.; AUTH, M.A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.15-27, 2001.
- ARAÚJO, I.B. *Uma abordagem para a prova com construções geométricas e Cabri-Geometre*. Dissertação de mestrado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2007.
- AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, v.5, n.1, 2003.
- BANNAN-RITLAND, B. The role of design in research: the integrative learning design framework. *Educational Researcher*, v. 32, n. 1, p. 21-24, 2003.
- BAPTISTA, G.C.S. A importância da reflexão sobre a prática de ensino para a formação docente inicial em ciências biológicas. *Ensaio - Pesquisa em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 2, 2003.
- BARAB, S.; SQUIRE, K. Design-based research: putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Science*, v. 13, n. 1, p. 1-14, 2004.
- BROWN, A. Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Science*, v.2, n.2, p.141-178, 1992.

- COLLINS, A. Towards a design science of education. In: E. Scanlon and T. O'Shea (eds), *New directions in educational technology*. Berlin: Springer, 1992.
- COLLINS, A., JOSEPH, D., & BIELACZYK, K. Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, v.13, n.1, p.15-42, 2004.
- DBRC (Design-Based Research Collective). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, v. 32, n.1, p. 5-8, 2003.
- DIOGO, R.C; GOBARA, S.T. Um ambiente virtual para aprendizagem de conceitos sobre ondas sonoras: concepção e primeiras análises. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 16, n.2, p. 23-36, 2008.
- DISESSA, A.A.; COBB, P. Ontological innovations and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Science*, v. 13, n. 1, p. 77-103, 2004.
- DOTTA, S.; GIORDAN, M. Tutoria em Educação a Distância: um Processo Dialógico In: ENCONTRO VIRTUAL EDUCA BRASIL, 4, 2007, São José dos Campos. *Anais do Virtual Educa Brasil*, São José dos Campos, 2007.
- DRISOSTES, C.A.T. *Design Iterativo de um Micromundo com Professores de Matemática do Ensino Fundamental*. Dissertação de mestrado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2005.
- EDELSON, D.C. Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the learning sciences*, v.8, n.3, p. 391-450, 1999.
- _____ Design research: what we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Science*, v. 11, n. 1, p. 105-121, 2002.
- FEENBERG, A. O que é a Filosofia da Tecnologia. 2003. Disponível em: <<http://www.sfu.ca/~andrewf/oquee.htm>>. Acesso em 23/03/2005.
- GIANNELLA, T.R. *Inovações no ensino das ciências e da saúde: pesquisa e desenvolvimento da ferramenta constructore e do Banco Virtual de Neurociência*. Tese de doutorado em Química Biológica (Área de Concentração: Educação, Difusão e Gestão em Biociências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência e Educação*, v.11, n.2, p.279-304, 2005
- GRECA, I.M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 1, p. 73-82, 2002.
- JUUTI, K. LAVONEN, J. Design- based research in science education: one step towards methodology. *Nordina*, v. 4, p. 54-68, 2006.
- KOZMA, R. Reflections on the state of educational technology research and development. *ETD&R*, v. 48, n.1, p.5-15, 2000.
- [KRASILCHIK, M. Caminhos do ensino de ciências no Brasil](#). *Em aberto*, v. 11, n. 55, p. 3-8, 1992.
- [KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências](#). *São Paulo em perspectiva*, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.
- LEMGRUBER, M. S. Um panorama da educação em ciências. *Educação em Foco*. v. 5, n. 1, p. 13-28, 2000.

LEME, N.D. *O ensino-aprendizagem de matemática financeira utilizando ferramentas computacionais: uma abordagem construcionista*. Dissertação de mestrado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.sapientia.pucsp.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=5586>. Acesso em: 4 de julho de 2008.

LINN, M. C; DAVIS, E.A.; BELL, P. *Internet Environments for Science Education*. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 2003.

MACHADO, D.I; NARDI, R. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 1, p.90-116, 2007.

MANECHINE, S.R.S; GABINI, W.S; CALDEIRA, A.M.A; DINIZ, R.E.S. A inserção de conceitos científicos no cotidiano escolar. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, v.8, n.1, 2006.

MATTHEWS, M. R., Constructivism and science education: A further appraisal. *Journal of Science Educational Technology*, v. 11, n. 2, p. 121-134, 2002.

MION, R.A.; ANGOTTI, J.A.P. Em Busca de um Perfil Epistemológico para a Prática Educacional em Educação em Ciências. *Ciência e Educação*, v.11, n.2, p. 165-180, 2005.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Report*, v. 108, p. 1017-1054, 2006.

MOREIRA, C.A.O. *Ambiente virtual interativo no ensino de ciências: uma abordagem sociocultural*. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MOREIRA, M.A. Pesquisa básica em educação em ciências: uma visão pessoal. *Revista Chilena de Educación Científica*, v.3, n 1, p. 10-17, 2004.

RAMOS, P; GIANNELLA, T.R.; STRUCHINER, M. A pesquisa baseada em design em artigos científicos sobre o uso de ambientes de aprendizagem mediados pelas tecnologias da informação e da comunicação no ensino de ciências: uma análise preliminar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. *Anais do Encontro Nacional de Ensino de Ciências*, 2009.

RAMOS, P; STRUCHINER, M. Pesquisa e desenvolvimento de um ambiente Virtual para o ensino de medicina e Psicologia: uma análise preliminar do Processo de design. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 14, 2008, Santos. *Anais do Congresso Internacional da Associação Brasileira de Educação a Distância*, 2008. 1 CD-ROM.

REEVES, T. C.; HERRINGTON, J.; OLIVER, R. Design research: A socially responsible approach to instructional technology research in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, v. 16, n.2, p. 96–116, 2005.

REISER, B.J.; TABAK, I.; SANDOVAL, W.A.; SMITH, B.K.; STEINMULLER, F.; LEONE, A.J. BGuILE: strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In: CARVER, S.M.; KLAHR, D. (eds). *Cognition and instruction: twenty-five years of progress*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2001.

RICHEY, R.C.; KLEIN, J.D.; NELSON, W.A. Development research: studies of instructional design and development. In: JONASSEN, D.H. *Handbook of research on educational communications and technology*. New Jersey: LEA, 2004.

SALES, G. L.; VASCONCELOS, F.H.L; CASTRO FILHO, J.A.; PEQUENO, M.C. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 3, p. 3501- 3501.13, 2008.

SANTOS, W.L.P; GAUCHE, R.; MÓL, G.S; SILVA, R.R; BAPTISTA, J.A. Formação de professores: uma proposta de pesquisa a partir da reflexão sobre a prática docente. *Ensaio - Pesquisa em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 1 , 2006.

SCHLAGAL, B.; TRATHEN, W; BLANTON, W. Structing telecommunications to create instructional conversation about student teaching. *Journal of teacher education*, v. 47, n. 3, p.175-183, 1996.

VAN DEN AKKER, J. Principles and methods of development research. In: J. VAN DEN AKKER, N. NIEVEEN, R. M. BRANCH, K. L. GUSTAFSON, & T. PLOMP, (Eds.). *The Design methodology and developmental research in education and training*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 1-14.

WANG, F.; HANNAFIN, M.J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Education Technology Research and Development*, v. 53, n. 4, p. 5-23, 2005.

PAULA RAMOS Possui graduação em Ciências Biológicas, modalidade Ecologia, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1999); especialização em Tecnologia Educacional nas Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2004); mestrado em Tecnologia Educacional nas Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006); especialização em design instrucional para cursos on-line pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2007). Atualmente é doutoranda em Ensino de Ciências e da Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Áreas de interesse: Educação, Tecnologia Educacional, Ensino-aprendizagem na área de ciências e da Saúde.

TAÍS RABETTI GIANNELLA Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1999), mestrado em Tecnologia Educacional nas Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002) e doutorado em Educação, Difusão e Gestão em Biociências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2007). Atualmente realiza pós-doutorado (bolsista FAPERJ) no Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde, com o projeto "Inovações no ensino de ciências e saúde: análise de experiências de professores universitários com o uso de tecnologias da informação e da comunicação em suas práticas educativas". Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Tecnologia Educacional, atuando principalmente nos seguintes temas: Tecnologia Educacional, Educação a distância, Ensino-aprendizagem na área da Saúde.

MIRIAM STRUCHINER Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1977), mestrado em Educação - Boston University (1986) e doutorado em Educação - Boston University (1992). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Tecnologia Educacional, com ênfase na pesquisa e desenvolvimento de Ambientes de Aprendizagem baseados em Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na Educação na área das Ciências da Saúde, atuando principalmente nos seguintes temas: educação a distância, Internet e Educação, aprendizagem colaborativa, construtivismo social, formação de recursos humanos em saúde.