

O ENSINO DE RADIOATIVIDADE NA PERSPECTIVA DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: DESAFIOS DE UMA AVALIAÇÃO QUE FAÇA SENTIDO

Kátia Aparecida da Silva Aquino

Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco, aquino@ufpe.br

Resumo: O ensino de radioatividade na educação básica acontece no ensino médio, geralmente na área da físico-química nas aulas de química, com alguma complementação nas aulas de física na parte de física moderna. Por ser uma temática que envolve partículas, nem sempre é possível encontrar recursos didáticos que possam auxiliar na promoção do ensino de radioatividade que se torne significativo. Nesta perspectiva os estudantes apresentam grande tendência em decorar fórmulas e apresentar nas avaliações números que simplesmente representam uma visão circunstancial do assunto que eles acabaram de estudar. Neste trabalho serão apresentadas algumas discussões sobre a avaliação como um instrumento que vise auxiliar os estudantes na construção do conhecimento na perspectiva de uma aprendizagem significativa. Nesta direção mapas conceituais foram utilizados como instrumento de avaliação e foram comparados com uma avaliação convencional de conteúdo. Os resultados mostraram que existe uma lacuna importante entre o que o estudante representa nos mapas conceituais e seu desempenho na avaliação convencional. Tal resultado mostra a importância de o professor refletir sobre o instrumento de avaliação escolhido e como este, de fato, pode se tornar mais uma etapa na construção do conhecimento.

Palavras-chave: ensino de ciências, mapa conceitual, estratégia de ensino.

Introdução

Pesquisas apontam que a temática Radioatividade é comumente tratada como parte de um dos capítulos finais dos livros didáticos de química (COSTA et al, 2016; SÁ e FILHO, 2009) e ocupa, geralmente, poucas páginas (SILVA e NETO, 2012). O ensino de Radioatividade muitas vezes se resume nas leis de decaimentos e nas discussões sobre os seus malefícios. Muito do que se trabalha em sala de aula está associado às marcas históricas da radioatividade nas catástrofes e desastres (DOMINGUINI et al, 2012) como as ocorridas em Chernobyl (Ucrânia) em 1986, Goiânia (Brasil) em 1987 e, mais recentemente, Fukushima (Japão) em 2010. Além disso, o tema está presente em noticiários relacionados ao programa de enriquecimento de urânio no Irã e rumores de armas nucleares intercontinentais vindos da Coreia do Norte. Tais notícias reavivam a nossa memória aos mais de 70 anos das explosões das bombas atômicas no Japão na segunda guerra mundial. Diante desses fatos, novas tensões políticas e sociais são geradas trazendo à tona, no imaginário da sociedade, os malefícios quanto ao uso da Radioatividade, esquecendo-se, por exemplo, do uso da mesma na Medicina Nuclear (COSTA et al, 2016).

Por outro lado, o professor tem papel importante na mediação da construção do conhecimento que faça o estudante refletir de forma crítica sobre os acontecimentos que o cerca e de forma articulada

com os conteúdos que estão no planejamento curricular na busca de um conhecimento que seja significativo. Para David Ausubel a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) é uma abordagem cognitivista sobre a construção do conhecimento. Na TAS a construção do conhecimento se torna significativa quando ocorre a interação entre as novas ideias e algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz de maneira substantiva, ou seja, de modo não arbitrário. Em outras palavras, os novos conhecimentos adquirem significados para o sujeito quando se tem informações prévias existentes na sua estrutura cognitiva o que gera maior estabilidade cognitiva (MOREIRA e MANSINI, 1982).

Num cenário que se quer desenvolver um ensino na perspectiva da TAS é importante que o professor avalie o que o aprendiz já sabe para buscar estratégias que possam privilegiar a ancoragem de novos conhecimentos aos conhecimentos prévios no sentido de deixá-los mais ricos e elaborados. Um exemplo disso é quando se ensina os conceitos sobre a radioatividade e se propõem estratégias didáticas que levem em consideração o desenvolvimento científico, tecnológico e as questões ambientais intrínsecas ao estudo dessa temática, como a radioatividade ambiental (AQUINO e AQUINO, 2012).

Importante salientar que um ensino que busque o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa precisa estar alinhado com uma avaliação que seja formativa, que seja capaz de mostrar com a interação do novo conhecimento e o conhecimento prévio está sendo promovida. As avaliações convencionais, com uma estrutura sintética de proposições associada um enunciado que pouco se articula com a realidade que o sujeito percebe, ainda é aplicada de forma majoritária nas escolas brasileiras. Com este tipo de instrumento, os estudantes quase sempre buscam respostas prontas com quase nenhuma reflexão e nem sempre as notas refletem o que realmente foi construído na estrutura cognitiva. Na contramão da avaliação convencional surgem os mapas conceituais. Considerados como um instrumento facilitador para o processo de aprendizagem, os mapas conceituais podem ser utilizados para diversos fins: em situação de ensino, instrumento de avaliação da aprendizagem e da análise dos conteúdos curriculares (MOREIRA, 2013; SOUZA e BORUCHOVITCH, 2010).

O mapa conceitual foi concebido por Joseph Novak para desenvolver estudos sobre aprendizagem significativa (TAVARES, 2007). Permite a representação da estrutura cognitiva do sujeito, pois é estruturado de modo hierárquico e um conjunto de conceitos são ligados por conectivos. As relações entre esses conceitos estão sujeitas a modificações quando o processo de ensino e aprendizagem significativamente interage com os conhecimentos prévios do estudante. Desta

maneira, busca-se com este trabalho mostrar como os mapas conceituais se tornam uma ferramenta importante para uma avaliação formativa de um estudante na unidade relacionada à construção do conhecimento da temática radioatividade.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em uma turma do terceiro ano do ensino médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp-UFPE). A turma era composta de 30 (trinta) estudantes, três horas-aulas semanais (50 minutos cada) e a temática escolhida para o presente registro foi sobre radioatividade. Foram planejadas aulas expositivas dialogadas numa sequência didática que seguiu o planejamento exposto na Tabela 1.

Tabela 1. Planejamento da unidade para a temática Radioatividade

Quantidade de aulas	Temática	Recursos
1	Produção do mapa conceitual 1 sobre radioatividade	Papel e caneta
2	Partículas subatômicas	Vídeo sobre a descoberta da partícula de Higgs
3	Decaimentos radioativos	Slides
3	Cinética das radiações	Potes de vidro com feijões crus e sal ¹
3	Aplicações nucleares	Imagens da tomografia PET ² de um paciente real e rótulos de alimentos
1	Produção do mapa conceitual II sobre radioatividade	Papel e caneta
2	Avaliação do conhecimento de forma convencional	Papel e caneta

¹ Os feijões representavam um grupo de átomos radioativos e o sal representava os átomos que eram produzidos no decaimento radioativo. Foram produzidos três potes com 1) só feijão, 2) metade de feijão e metade de sal e 3) dois terços de feijão e um terço de sal. A ideia era a representação do tempo de meia vida.

² Tomografia por Emissão de Pósitron

Cabe salientar que durante todo o desenvolvimento da temática exercícios propostos foram trabalhados para ajudar na construção do conhecimento.

Resultados

Todos os estudantes fizeram, de forma individual, um mapa conceitual que foi utilizado para detecção dos seus conhecimentos prévios. A influência das notícias que são veiculadas nas mídias foi marcante na maioria dos mapas. Todos os mapas se remetiam aos malefícios da radioatividade e/ou aos acidentes nucleares. Similar resultados já forma registrados em outros estudos sobre o ensino de radioatividade (AQUINO e CHIARO, 2013). Na Figura 1 é mostrado um mapa conceitual desenvolvido por um dos estudantes da turma, aqui chamado de José. Na referida Figura é possível observar que o estudante apresenta um conhecimento muito rudimentar sobre radioatividade. Porém já tem uma noção de que a radioatividade é um fenômeno natural e que está associada à emissão de radiação.

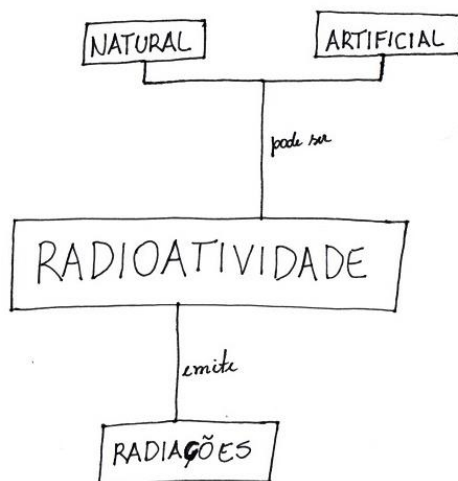


Figura 1. Mapa conceitual sobre radioatividade desenvolvido por José antes do desenvolvimento da temática na sala de aula.

A sequência didática apresentada na Tabela 1 foi pensada para trazer para grupo classe uma discussão lógica da radioatividade e com aplicações que possam estar imersas na sociedade atual. Não são encontrados nos livros didáticos de química uma introdução da radioatividade a partir das partículas subatômicas e isso dificulta o entendimento do aprendiz sobre como um decaimento radioativo pode acontecer do ponto de vista físico. Então a intenção de buscar uma abordagem atual

da mecânica quântica através de um acontecimento recente, a descoberta do bóson de Higgs, propiciou uma discussão muito interessante sobre o papel das partículas subatômicas no núcleo do átomo. Ao conhecer que prótons e nêutrons não são partículas fundamentais os estudantes puderam ser preparados para entender como acontece um decaimento radioativo. Além disso, tiveram a oportunidade de refletir sobre os avanços da física de partículas.

No decorrer da unidade temática os estudantes tiveram a oportunidade de analisar vários recursos como os rótulos de alimentos cujos ingredientes são expostos à radiação gama como as batatas fritas industrializadas, por exemplo. Também tiveram acesso a uma tomografia PET de uma paciente com câncer e puderam entender melhor o decaimento por pósitron (beta positiva) e a aniquilação de partículas que são o cerne da técnica. Na tentativa de auxiliar os estudantes nas questões ligadas às cinéticas das radiações como o entendimento vida média e atividade, além da análise de gráficos foram utilizados alguns vidros com quantidades diferentes de feijão e sal para simular o tempo de meia vida de um átomo radioativo e a conservação de massa após o processo. A Figura 2 mostra um esquema que representa os vidros que foram utilizados na aula. Os feijões representavam um grupo de átomos radioativos e o sal representava os átomos que eram produzidos no decaimento radioativo. Na prática o professor pode usar quantos vidros quiser para representar como a quantidade de átomos radioativos vai diminuindo a cada tempo de meia vida e vai se tornando inócuo com o tempo. Também é possível fazer uma relação com a atividade do grupo de átomos radioativos e explicar porque o gráfico de atividade versus o tempo tem um comportamento exponencial.

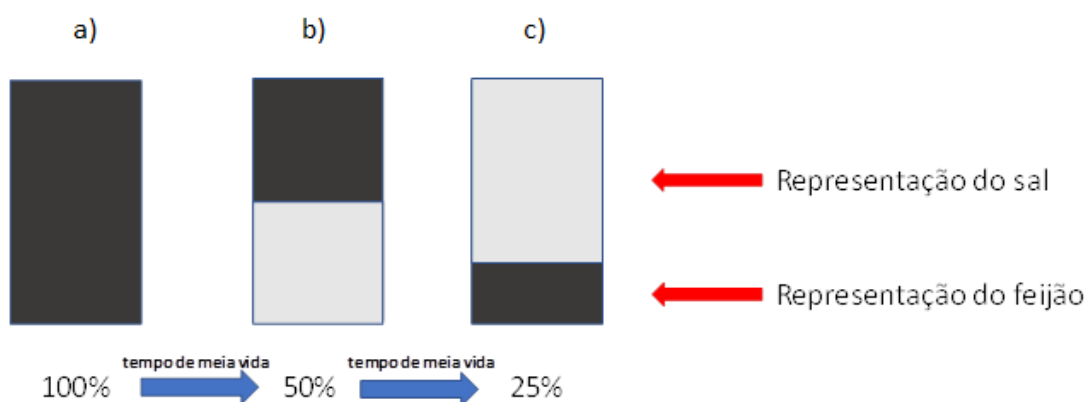



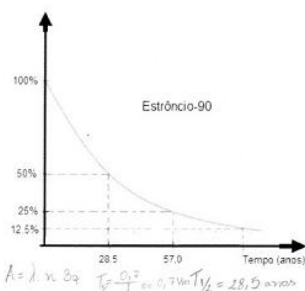
Figura 2. Representação dos potes de vidro com diferentes quantidades de feijão e sal sendo a) só feijão (100%), b) metade de feijão e metade de sal (50% equivalente a um tempo de meia vida) e 3) dois terços de sal (25% equivalente a dois tempos e meia vida).

Após terminada a unidade duas avaliações foram propostas: 1) uma avaliação convencional cujo objetivo era o de identificar como o estudante utilizava os conceitos de cinética, decaimento e radioisótopos em algumas situações problema propostas e 2) um segundo mapa conceitual.

Na Figura 3 é apresentada a avaliação convencional proposta e as respostas que foram construídas por José. José foi escolhido para este registro por ser um estudante que não atingiu os objetivos estipulados para a avaliação convencional. De forma geral João mostra que sabe decodificar um símbolo como o gráfico apresentado, pois ele foi capaz de retirar do gráfico informações sobre o tempo de meia vida. Contudo João não conseguiu avançar com relação as aplicações das informações que o gráfico fornecia e as situações propostas nas letras a, b e c do instrumento de avaliação. Este seria um típico caso “preocupante”, ou seja, um estudante que não conseguiu avançar. A grata surpresa é quando se analisa o outro instrumento proposto de avaliação, o segundo mapa conceitual de João, que está representado na Figura 4.

	I Avaliação do conhecimento de química Assunto: Radioatividade-turma B
	Aluno(a) [redacted] nº [redacted]
	Tema do Quimicurta... <u>Alcal</u>
	Função na produção... <u>Docente de aula</u>

O elemento estrôncio (Sr) ocorre naturalmente como um elemento estável e tem dezesseis isótopos conhecidos. Dos seus isótopos naturais, quatro são estáveis e doze são radioativos. Dos radioisótopos do estrôncio o mais importante é sintético, que possui 39 hadrons cujos quarks são do tipo lúid e massa-90 g/mol (Sr-90). O Sr-90 é produzido em reatores nucleares a partir da fissão do urânio. Isóbaros importantes do estrôncio são o Criptônio (Kr, Z=36) e o Rubídio (Rb, Z=37). O gráfico abaixo mostra dados do decaimento do estrôncio para a formação do irídio (Y). Baseados nos dados então pede-se:



- Foi detectada uma atividade de 570 Bq de Sr-90 por kg de solo na região da usina de Fukushima, no Japão, em abril de 2011 (valor que corresponde a cerca de 130 vezes a concentração normal do solo daquela região). Determine qual o número de átomos de Sr-90 que estará no solo em 2125? Justifique sua resposta.
- O Sr-90 não existe na natureza, mas é formado através de sucessivos decaimentos radioativos, sendo o radioisótopo inicial o bromo de massa 90 g/mol (Br, Z=35). Represente todas as reações de desintegração para a formação do Sr-90 a partir do decaimento inicial do Br-90.
- O Sr é da família 2A, logo pode ter papel importante na construção óssea. O Sr-83 é um radioisótopo sintético do estrôncio e, mesmo tendo mais nêutrons no núcleo, ele emite partículas positivas no seu decaimento. Explique que acontece, a nível celular, quando um indivíduo é exposto ao Sr-83. Justifique sua resposta.
- Estabeleça alguma relação entre o que você aprendeu em radioatividade e o roteiro criado para o seu Quimicurta.

Colégio de Aplicação da UFPE
Recife, 08 de maio de 2017
Aluno [redacted]
Professora: Kátia Aquino
Disciplina: Química
Turma [redacted]

a) Dados:

$X = 28,5 = 36,5 - 24 = 60,60$	$570 = 1,3 \cdot 10^8 \cdot n$
$T_{1/2} = 28,5 \text{ anos}$	$\lambda = 698,776 \cdot 10^{10} \text{ a}^{-1}$
$A = 570$	$T_{1/2} = 4,10 \text{ s}$
	$9 \cdot 10^8 = \frac{570}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 1,3 \cdot 10^8$

2011 → 2125 4 Tempos de $T_{1/2}$

b)

d)

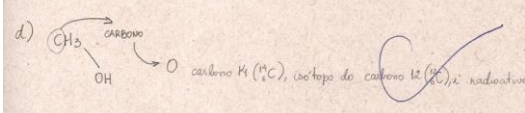


Figura 3. Avaliação convencional aplicada na turma após o término da unidade sobre radioatividade e as respostas de João para o instrumento.

Na Figura 4 é possível analisar o mapa conceitual que João construiu depois da intervenção didática e na mesma semana da avaliação convencional.

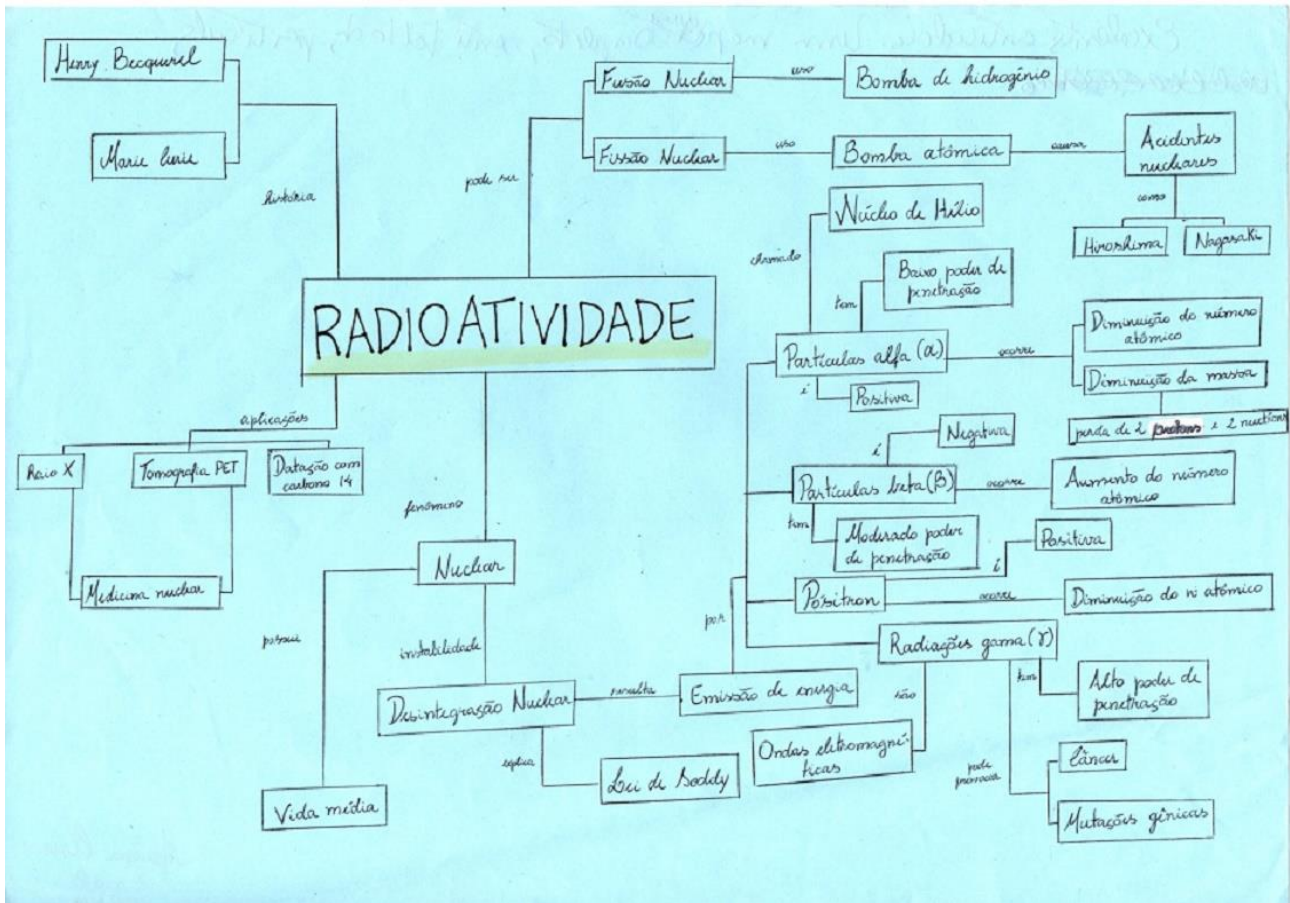


Figura 4. Mapa conceitual de João sobre radioatividade construído após o término da intervenção didática.

Uma análise geral do mapa mostra o quanto João avançou, deixou seus conhecimentos prévios muito mais ricos. Embora João tenha abandonado a divisão da radioatividade em natural e artificial que foi observado no seu primeiro mapa (Figura 1), o estudante mantém a emissão das radiações, agora de forma muito mais ampliada. O estudante cita os decaimentos alfa, beta e de pósitron, além da emissão gama. Articula a radioatividade com fatos históricos, aplicações e com o aspecto da cinética das radiações como a vida média. Em outras palavras João mostra indícios de que existe a promoção de uma aprendizagem significativa em curso, cujo processo de diferenciação progressiva é notório, isto é, o conhecimento foi se tornando mais especificado (MOREIRA e MANSINI, 1982).

Comparando os resultados obtidos por João no instrumento da Figura 3 e 4 é possível refletir sobre como o professor precisa ter ciência de que um único instrumento de avaliação pode ser insuficiente para analisar o desenvolvimento da aprendizagem de um indivíduo. O ser humano é complexo e aprende de forma muito específica, de forma muito pessoal. Alguns instrumentos de avaliação podem não ser condizentes com as reais habilidades que um estudante desenvolveu com a sequência didática escolhida pelo professor. Os resultados aqui apresentados vão nesta direção, pois se não fosse o segundo mapa conceitual de João, provavelmente tudo que foi realmente articulado na sua estrutura cognitiva não teria emergido. Partindo do instrumento da Figura 3 João só atingiu os objetivos de decodificar o gráfico e o de identificar elementos radioativos de forma aplicada. Já ao analisar o segundo mapa conceitual desenvolvido por João é possível verificar que os objetivos que foram traçados para a avaliação dos estudantes foram ou total ou parcialmente atingidos. Na realidade João parece ter dificuldades com as questões relacionadas com a cinética das radiações, contudo todos os outros avanços na aprendizagem do estudante superam qualquer dificuldade pontual.

Além da avaliação de João e dos outros estudantes da turma, os mapas conceituais propiciaram uma avaliação da prática pedagógica do professor. Nos mapas foram encontrados indícios dos impactos dos recursos didáticos utilizados para o ensino de radioatividade. A tomografia PET e a discussão da física de partículas parece ter sido fundamental para a construção de um conhecimento com muito mais sentido sobre radioatividade. Segundo Ausubel et al (1980) quando o aprendiz consegue fazer conexões entre o material que lhe é apresentado e o seu conhecimento prévio em assuntos correlatos, ele estará construindo significados pessoais para essa informação, transformando-a em conhecimentos, em significados sobre o conteúdo apresentado. Essa construção de significados não é uma apreensão literal da informação, mas é uma percepção substantiva do material apresentado, e desse modo se configura como uma aprendizagem significativa.

Assim, a avaliação é uma ação que deve ser transformada em reflexão e é essa ação que impulsiona o professor para novas reflexões. "A avaliação é essencial à educação. Inerente e indissociável enquanto concebida como problematização, questionamento, reflexão sobre a ação" (HOFFMANN, pg.15, 2005). Nesta direção, o resultado aqui apresentado nos faz refletir sobre trazer para a sala de aula um novo sentido para a aprendizagem e para a avaliação. Abordamos essa questão a partir de uma aula em que o estudante tenha acesso aos bens culturais, ao conhecimento produzido historicamente e possa adquirir habilidades para transpor o conteúdo, em especial o de radioatividade, para um contexto social. Busca-se na prática pedagógica e na prática de avaliação a

superação do autoritarismo, do conteudismo, da punição, estabelecendo uma nova perspectiva para o processo de aprendizagem e de avaliação educacional, marcado pela autonomia do educando e sua participação na sociedade de forma democrática.

Conclusões

O ensino de Ciências, aqui destacado pelo ensino de Radioatividade, deve ser o caminho que permita ao indivíduo ampliar as suas concepções sobre a natureza e seus integrantes, sobre os avanços científicos e tecnológicos, os quais tanto influenciam as sociedades atuais.

A avaliação, neste cenário, não deve ser um instrumento de caráter formativo que possa refletir como se deu a construção do conhecimento no processo. Buscou-se com este trabalho mostrar que o tipo de instrumento escolhido pelo professor para avaliar pode não deixar emergir como os conhecimentos prévios de um estudante pôde ser desenvolvido a partir das novas informações que foram trabalhadas na unidade de estudo. Ao utilizar os mapas conceituais como instrumento de avaliação, o professor foi capaz de avaliar os níveis de conhecimentos adquiridos pelos estudantes e quais os fatores interferiram em seu desenvolvimento. Isto quer dizer que existe a possibilidade real de se caminhar para uma avaliação da aprendizagem em detrimento da avaliação de conceitos específicos.

No processo de avaliação, não podemos esquecer que o professor também deve se avaliar, refletindo sobre o seu próprio trabalho, verificando seus procedimentos e, quando necessário, reestruturando sua prática. O segundo mapa de João dá indícios claros do quanto a prática docente foi refletida no instrumento e avaliação.

Todas as considerações apresentadas acerca do desenvolvimento de uma aprendizagem significativa e da importância da avaliação no processo educativo rebatem na prática pedagógica e nas decisões metodológicas do professor. Sendo assim, a avaliação não deve representar o fim do processo de aprendizagem, nem tampouco a escolha inconsciente de instrumentos avaliativos, mas sim, a escolha de um caminho a percorrer na busca de um processo educacional que faça sentido para o aprendiz.

Referências

ASUBEL, D.; NOVAK, J. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

AQUINO, K. A. da S.; AQUINO, F. da S. **Radioatividade e meio ambiente**: os átomos instáveis da natureza. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2012.

AQUINO, K. A. da S.; CHIARO, S. de. Uso de mapas conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade. **Ciências & Cognição**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 158-171, dez 2013.

COSTA, R. C.; PINHEIRO, B. C. S.; MORADILLO, E. F. de. A radioatividade nos livros didáticos do PNLD 2015: uma análise crítica no PIBID/Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1694-1.pdf>>. Acesso em: 06 de outubro. 2017.

DOMINGUINI, F.; CLEMES, G.; ALLAIN, O. Análise do tema radioatividade nos livros didáticos no PNLDEM à luz da teoria da aprendizagem significativa e dos pressupostos C,T&S. **Revista Técnico Científica (IFSC)**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 455-466, 2012.

HOFFMANN, J. M. L. **Avaliação: mito e desafio: uma perspectiva construtivista**. 35ª ed. Revista. Porto Alegre: Mediação, 2005.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.

MOREIRA; M. A.; MANSINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

SÁ, M. B. Z.; SANTIN FILHO, O. Relação entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, Paraná, v. 31, n. 2, p. 159-166, 2009.

SILVA, F. C. V. da; SIMÕES NETO, J. E. A radioatividade nos livros didáticos do ensino médio - um olhar utilizando elementos da transposição didática. In: In: ENCONTRO NACIONAL ENSINO DE QUÍMICA, 16., Salvador, 2012. **Anais eletrônicos...** Salvador: UFBA, 2012. Disponível em:

<<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7327/5107>>. Acesso em: 06 outubro. 2017.

SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 195-218, dez. 2010.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciência & Cognição**, São Paulo, v. 12, n. 8, p. 72-85, 2007.