

Transdisciplinaridade e Ensino de Química: Concepções e Tessituras na consolidação deste paradigma.

Ana Cristina Souza dos Santos^{1,2} (PQ), Elisabeth C. M. Casagrande^{* 2,3} (PG) e Maria Aparecida da G. dos S. Barbosa⁴ (FM)

¹IE/DTPE/UFRRJ, ²Programa de Pós-graduação em Educação Agrícola UFRRJ,

³Escola Agrotécnica Federal de Colatina,

⁴Colégio Técnico da Universidade Federal Rural do RJ

Palavras Chave: transdisciplinaridade, complexidade, formação de professores

Introdução

O presente ensaio resulta de um esforço de síntese sobre as construções a cerca da Transdisciplinaridade apresentadas por diferentes autores que, de alguma forma, comungam princípios bastante próximos, e algumas tessituras realizadas a partir destas leituras que contribuem para os estudos desenvolvidos no âmbito do ensino e da pesquisa. O foco é o ensino de química, no entanto, pela própria natureza da proposta, o objeto de estudo compreende um conjunto de inter-relações que permeiam diferentes saberes.

Dentre as justificativas que apontam a transdisciplinaridade como princípio ou meta é freqüente assumi-la como uma necessidade do tempo atual, que é de reaproximação de aspectos parciais, tanto do pensamento filosófico, quanto das teorias da mente e da ciência como um todo. Este objetivo contemporâneo está associado ao rompimento com as visões simplistas, que por séculos dividiram o conhecimento em partes. Nesta dimensão, algumas discussões sobre a transdisciplinaridade têm suscitado significativas reflexões que revelam pressupostos epistemológicos bastante consolidados e próximos e, embora iniciais, ajudam-nos a entender os conceitos que aqui se fazem necessários.

A metodologia utilizada para o levantamento das concepções que permeiam a transdisciplinaridade é de caráter qualitativo. A principal ferramenta foi a Internet, através dos “sítios de busca” e do portal do CNPq (grupos de pesquisa e Currículo Lattes). A partir da leitura dos textos identificaram-se os autores envolvidos nas citações, tomando o cuidado com a freqüência que eles apareciam. É importante ressaltar que a definição da UNESCO de transdisciplinaridade, divulgada através de seu representante, Basarab Nicolescu, é uma forte referência neste trabalho, a partir dela foi possível identificar novas referências, seja através das citações ou das palavras-chave que permeiam a questão. Em seguida são apresentados alguns estudos, no campo do ensino e da pesquisa, que discutem os aspectos transdisciplinares no ensino de química.

Resultados e Discussão

1. Concepções que fundamentam a transdisciplinaridade

O levantamento realizado revelou uma forte tendência para pesquisas transdisciplinares no campo da educação, meio ambiente e saúde, como identificado em Almeida Filho¹, que define a transdisciplinaridade como uma busca de um novo paradigma para as ciências da educação bem como para outras áreas, como na saúde coletiva, por exemplo. Grün, que questiona em seu trabalho os pressupostos epistemológicos da educação ambiental, relata que a transdisciplinaridade busca, como referência teórica, o holismo e a teoria da complexidade, que, embora venham se constituindo em um referencial interessante, ainda estão poucos compreendidos². Alguns autores^{3,4} têm apontado para os extremos que se colocam o reducionismo (visão clássica da ciência, consolidada por Descartes, que divide o todo em partes e as estuda em separado) e o holismo (ponto de vista oposto, que se opõe à abordagem cartesiana e estuda o todo sem dividi-lo, apresentada em 1950 por Ludwig von Bertalanffy em sua teoria geral dos sistemas). O holismo anuncia a totalidade de forma factual; total é tudo e, assim, pode apresentar um caráter de a-historicidade. A totalidade não se esgota na soma das partes, mas constitui-se, num outro patamar, na síntese histórica da realidade⁵. Segundo Morin⁶, o todo é, por vezes, maior ou menor que a soma das partes, e que o mais importante é observar a dialógica parte-todo, e asseverar, conforme Pascal: “Eu não posso conceber o todo sem conceber as partes e não posso conceber as partes sem conceber o todo”. Desta forma, o princípio que melhor aproxima esta noção é o *hologramático*. Por que hologramático? Como descreve Morin⁶, quando temos uma imagem de um holograma, a diferença entre esta e uma imagem de fotografia é que, na fotografia, cada ponto corresponde a um ponto do objeto fotográfico. Enquanto no holograma, um ponto contém praticamente toda informação do objeto. Se tivermos uma locomotiva num holograma e a cortarmos ao meio, nós não ficaremos com duas metades de uma locomotiva, mas com duas locomotivas inteiras. No holograma a parte está no

todo, que está à parte. O princípio hologramático é um dos três princípios reitores que comandam a noção de complexidade em Edgar Morin⁷.

Complexidade: um pilar da transdisciplinaridade
Segundo Edgar Morin⁸, o termo complexidade tem suas origens atribuídas ao filósofo Gaston Bachelard (O Novo Espírito Científico) e a Shannon e Weaver, nas áreas da teoria da informação e cibernética, e se constituem nas primeiras referências substantivas que, por fim, abrem o espaço para os estudos sobre a complexidade. A complexidade indica que tudo se liga a tudo e, reciprocamente, numa rede relacional e interdependente. Nada está isolado no Cosmos, mas sempre em relação a algo. Desta forma, estas relações nos remetem a idéia de uma rede, uma rede de conexões.

Angotti⁹, em seu artigo “Complexidade e Ensino de Ciências” traz a discussão os avanços no campo da ciência, suas aplicações e a imprescindibilidade de um novo pensar, que leve em conta a atual renovação dos termos em que são colocados os problemas, em especial quando são necessárias abordagens interdisciplinares. Discute também a necessidade de investigações, na área do ensino, que transcenda a lógica clássica, argumentando que dentro desta lógica, base do pensamento científico, as possibilidades em torno da verdade são binárias: verdadeiro ou falso, sim ou não, igual ou diferente, e que hoje dentre as lógicas não-clássicas contemporâneas destaca-se uma, muito rica e plena de múltiplas possibilidades: a difusa, onde se pode trabalhar com lógicas onde as possibilidades estão mais diluídas como: sim, não e indeterminado (às vezes com diversos níveis de indeterminação) ou verdadeiro, falso, provavelmente um ou outro. Segundo Angotti⁹, uma aplicação direta que desafia a lógica clássica é o botão stand by das TVs e equipamentos de som recentes. Como classificá-lo? Está ligado ou desligado? Está ligado e desligado? Ele indica nitidamente um estado intermediário no circuito.

Uma lógica alternativa para a transdisciplinaridade

O que Angotti⁹ define como lógica difusa, Nicolescu¹⁰ apresenta como a lógica do terceiro termo incluído, que é definido com base nos princípios da física quântica. Assim, como descreve Nicolescu¹⁰, as entidades quânticas, os *quanta*, são muito diferentes dos objetos da física clássica. Os *quanta* possuem uma natureza dual, corpúsculo-onda, ou seja, eles não são nem partículas nem ondas. Desta forma, o desenvolvimento da física quântica, assim como a coexistência entre mundo quântico e mundo macrofísico, levaram, no plano da teoria e da experiência científica, ao aparecimento dos pares contraditórios mutuamente exclusivos (A e não-A); onda e corpúsculo, continuidade e descontinuidade, causalidade local e causalidade global, etc. Os pares contraditórios que são colocados em evidência são de fato opostos quando analisados através da grade

de leitura da lógica clássica, ou seja, de um único nível de Realidade.

No entanto, foi através da superação dos axiomas clássicos da não contradição e do terceiro excluído (lógica clássica) que deu origem à lógica do terceiro incluído (T), formalizável e formalizada, multivalente (com três valores: A, e não-A e T) e não excludente. É na projeção de T sobre um único nível de Realidade que se produz a impressão de pares antagônicos, mutuamente exclusivos (A e não-A). Um único *nível de Realidade* só pode provocar oposições antagônicas.

Os níveis de realidade e a perspectiva transcultural

Segundo Nicolescu¹⁰, entende-se por *nível de Realidade* um conjunto de sistemas invariável sob a ação de um número de leis gerais. O exemplo recai, novamente, sobre as entidades quânticas, quando submetidas às leis quânticas, as quais estão radicalmente separadas das leis do mundo macrofísico. Isto que dizer que dois níveis de Realidade são diferentes se, passando de um ao outro, houver ruptura dos conceitos fundamentais. *“Ninguém conseguiu encontrar um formalismo matemático que permita a passagem rigorosa de um mundo para outro e há indícios que ele seja realmente impossível. Contudo não há nada de catastrófico nisso. A descontinuidade que se manifestou no mundo quântico manifesta-se também na estrutura dos níveis de Realidade e isto não impede os dois mundos de coexistirem”*¹⁰.

A noção de complexidade em Nicolescu¹⁰ é também sustentada nos princípios da física quântica, quando o autor descreve: *“Os fundadores da física quântica esperavam que algumas partículas pudessem descrever, enquanto tijolos fundamentais, toda a complexidade da física. No entanto, já por volta de 1960 esse sonho desmoronou: centenas de partículas foram descobertas graças aos aceleradores de partículas. Foi proposta uma nova simplificação com a introdução do princípio do bootstrap nas interações fortes: há uma espécie de “democracia” nuclear, todas as partículas são tão fundamentais quanto as outras e uma partícula é aquilo que ela é porque todas as outras partículas existem ao mesmo tempo”*¹⁰.

Para Nicolescu, os níveis de Realidade, a lógica do terceiro incluído e a complexidade constituem-se nos três pilares para a transdisciplinaridade. Estes princípios determinam a metodologia da pesquisa transdisciplinar, porém a maior ou menor satisfação dos três pilares metodológicos da pesquisa transdisciplinar gera diferentes graus de transdisciplinaridade, podendo se aproximar mais da multidisciplinaridade, da interdisciplinaridade ou ainda, se aproximar mais da disciplinaridade.¹⁰

Os princípios que sustentam a transdisciplinaridade em Nicolescu¹⁰ são fundamentados da Física Quântica, que segundo Angotti⁹, junto com os fundamentos da relatividade, atingiram todos os

campos de conhecimento modernos, deste século, em particular a filosofia, sobretudo a partir dos anos 50.

Os avanços no campo da ciência e da técnica foram muitos. No entanto, nunca se experimentou tantas aproximações como nas últimas décadas. *“Nunca se apoiou tanto a pesquisa de princípios ativos de produtos vegetais com uso na medicina tradicional, ao lado dos sintetizados. Passando para um terreno mais abstrato, constatamos que uma nova geometria, muito mais similar ao desenho complexo da natureza, define os fractais, invariantes na escala e com dimensões não inteiras. Dessa forma, um cumprimento infinito encerra uma área finita. As aplicações deste conceito associado aos fenômenos complexos parecem inimagináveis. Aplicações que superam os escopos das disciplinas científicas, essencialmente transdisciplinares: costas marítimas, formação de nuvens, turbulência, economia, agricultura, biologia e até música. ... Os avanços da biologia molecular atingem a todos nós, entre a perplexidade e o encantamento; busca-se os segredos vitais e produzem-se seres vivos, inclusive mamíferos, independentemente dos embriões, criam-se fetos em ambientes externos ao útero. A mídia explora como nunca os novos achados com destaque para a clonagem. O debate se impõe com desafios inéditos, dentre eles a ética que deve orientar a busca e aplicação de novos conhecimentos”*⁹.

A perspectiva ética

A transdisciplinaridade é consequência da necessidade de compreensão do espaço nas fronteiras do Conhecimento, estabelecida entre as diferentes formas de racionalidade – a científica, a filosófica e a mítica, e por onde se dá o trânsito a que chama “intercrítica”. A intercrítica consiste em uma atividade de utilização das interfaces quais espelhos, que permitam a cada saber refletir sobre seus valiosos pontos duvidosos, reformulá-los, reapresentá-los, erigindo deliberadamente “barreiras” entre suas explicações, recriando-se e reconstituindo-se. Assim, pode ser, inclusive, mais funcional, se e quando solicitado a servir a decisões tomadas em comum com os outros saberes¹¹.

Esta postura, que envolve tomada de decisões a partir diálogos entre outros saberes, exige uma ética. Para Atlan¹¹, a ética *“diz respeito a um projeto, a um querer, muito mais do que ao conhecimento (...) só podendo ser o objeto de uma reflexão (...) depois de ter-se imposto como conjunto de regras e comportamentos vividos”*.

Segundo Aleksandrowicz¹², este estatuto especial que Atlan confere à ética, propicia à dinâmica intercrítica um alcance surpreendente, pois oferece uma perspectiva inusitada - e, é oportuníssima - no estabelecimento de fronteiras entre as atribuições das diferentes racionalidades.

Nesta perspectiva, a transdisciplinaridade se situa em relação à ética como uma indiscriminação de fronteiras, que, subentende-se pela sua intenção de

conjugar Bom e Verdadeiro. Desta forma, *“a transdisciplinaridade repousa sobre uma atitude aberta, de respeito mútuo e mesmo de humildade com relação a mitos, religiões e sistemas de explicações e de conhecimentos, rejeitando qualquer tipo de arrogância ou prepotência”*¹³. A transdisciplinaridade é transcultural na sua essência. Carbonara¹⁴ defende a ética como elemento fundamental para a constituição do agir educacional, na superação da visão fragmentada do saber na educação e inserção da interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. *Conceber a ação pedagógica pondo a ética como primazia é garantir a formação, desde a infância, de uma subjetividade constituída para a alteridade. Uma educação solidificada numa ética comprometida com a intersubjetividade, responsável por cada outro que apresenta e, assim, construindo a justiça na sociedade”*¹⁴.

2. Tessituras e construções para o ensino de química na perspectiva transdisciplinar

O conteúdo curricular

A escolha de conteúdos curriculares que tenha como critério as demandas reais da sociedade, seus conflitos e transformações permitem ações numa perspectiva transdisciplinar. Desta forma, o tema Drogas, desenvolvido como proposta de ensino por alunos da disciplina Prática de Ensino de Química, possibilitou aos licenciandos construções e vivências de experiências, onde os aspectos interdisciplinares e transdisciplinares para uma educação em Química pudessem ser tratados¹⁵. O tema trouxe a possibilidade de falar sobre os conflitos, debatê-los e tentar encontrar caminhos para resolvê-los, dentro de uma concepção de uma educação voltada para o despertar da consciência solidificada numa ética comprometida com a intersubjetividade.

O tema “drogas” congrega conhecimentos múltiplos, ambigüidades e valores que superam a noção de interdisciplinaridade, geralmente entendida como cruzamento de disciplinas científicas escolares (física, química, biologia).

Na perspectiva transdisciplinar o conceito de drogas envolve diferentes níveis de Realidade, sendo caracterizada tanto como narcótico quanto como medicamento. Segundo a definição da Organização Mundial da Saúde (OMS), “Droga é qualquer substância, química ou a mistura delas (à exceção daquelas necessárias para a manutenção da saúde, como, por exemplo, água e oxigênio), que altera a função biológica e possivelmente a sua estrutura”.

No nível de Realidade biológico, a ação da droga no organismo, medicamento e narcótico, envolve os mesmos mecanismos, diferenciando apenas no que se refere ao tempo de inibição, por exemplo. No entanto, o que vai distinguir droga-narcótico de droga-medicamento é o nível de Realidade em que ela se insere. Da mesma forma que a proibição ou permissão de uma determinada droga, envolve

questões eminentemente culturais. Por exemplo, enquanto o **álcool** é uma droga permitida nos países ocidentais, o seu uso é proibido nos países muçulmanos. Com o **haxixe** (derivado da *Cannabis sativa*) ocorre o inverso. Desta forma, o produto utilizado é considerado na categoria tóxico e seus utilizadores como toxicômanos, na medida em que as normas sociais condenarem o uso de determinado produto.

A transdisciplinaridade é capaz de trazer à tona a multiplicidade dos modos de conhecimento, por sua preocupação simultânea com os diversos níveis da Realidade, superando um único nível disciplinar, sem se prender a uma realidade unilinear e unidimensional¹⁶.

Através da letra da música “Cachimbo da Paz” de Gabriel Pensador, os alunos puderam aprofundar aspectos de natureza transculturais, políticas e econômicas determinando os diferentes contextos sociais. No debate em torno da letra da música, a droga, que nas grandes cidades está vinculada à criminalidade tomou uma outra dimensão. Na tribo indígena ela estava associada à paz, de tal forma que ao conhecer e experimentar tal realidade, o “Cacique Oficial” (presidente do país) deu ao cacique da tribo a função de resolver os problemas da cidade, nomeando-o ministro da justiça. O novo ministro ao chegar na cidade constatou que era violenta demais e resolveu chamar imprensa e os jornais divulgando o “cachimbo da paz”. A sociedade experimentou o cachimbo da floresta e as manifestações foram diversas, entre bem e mal, proibir e liberar a polêmica chegou ao congresso. Os interesses econômicos, sociais acentuaram a polêmica. E o índio perguntou: - com tantas drogas que fazem mal, provocando acidentes seguidos de mortes, violência, por que o cachimbo da paz é proibido?

A partir da discussão que permeou o embate de se levar ou não a letra e música para a sala de aula, foi possível compreender que a análise deveria ser feita em torno dos diferentes níveis de Realidade, a tribo indígena e a cidade. Na tribo indígena o uso da “droga” está associado a rituais, manifestações culturais que estão impregnados de valores que fazem parte daquele contexto. Porém, em outro cenário cultural esta mesma droga pode tomar outras dimensões, rompendo com as normas definidas pelo grupo. Isto que dizer que dois níveis de Realidade são diferentes se, passando de um ao outro, houver ruptura dos “conceitos fundamentais”, mas isto não impede os dois mundos de coexistirem.

Estas questões nos remetem a necessidade de transcender a lógica clássica binária, muito importante para uma prática transdisciplinar. A complexidade que envolve a questão drogas revelou que a lógica clássica binária pode abrir espaços para aspectos negativos, pois ela age como uma verdadeira lógica da exclusão, bem ou mal, permitido ou proibido.

Um outro debate interessante se deu ao tratarmos da grande polêmica lançada no Congresso Nacional, ao final da década 80 e início da de 90 do século passado, quanto à liberação do cultivo da maconha (*Cannabis sativa*) para a produção de celulose e tecidos, prática comum nos países europeus. Para compreender a questão foi fundamental identificar os elementos que permeavam estas diferentes realidades. A defesa do projeto no Congresso envolvia questões políticas, econômicas e sociais. Para a produção da celulose a partir da *Cannabis* são necessários 3 ou 4 meses, o que poderia ser aproveitado como alternativa, já que grande parte da produção mundial de celulose se dá a partir de monoculturas extensas de eucalipto, o que tem gerado impactos sociais e ambientais. E, em relação ao algodão, a fibra da *Cannabis* é muito mais longa, mais resistente, de maior durabilidade e o custo de produção muito menor.

A discussão passou a ter um cunho interdisciplinar quando buscou-se compreender geograficamente as propriedades de tais espécies. Acontece que ao norte, ou seja, nos países situados acima do trópico de câncer tais espécies produzem uma quantidade muito pequena do “tetraidrocanabinol”, que funciona como forma de proteção das folhas contra os raios solares, mas possui propriedade entorpecente em animais. Assim somente as espécies cultivadas nos trópicos produzem a substância tetraidrocanabinol em quantidade significativa.

Pensou-se então em plantas modificadas geneticamente, que não fossem mais capazes de produzir o tetraidrocanabinol. Chegou-se a conclusão que não haveria mecanismos observáveis que pudessem diferenciar as espécies que produzem mais das que produzem menos a substância, dificultando seu controle. Esta foi a grande questão que emperrou um projeto considerado “economicamente viável” e “ecologicamente correto”.

A relação entre realidade e desenvolvimento científico possibilitou construções relevantes entre os licenciandos. O debate se deu através do resgate da história do uso da cocaína. Em função de sua propriedade estimulante, o extrato da folha da cocaína era utilizado em medicamentos, bebidas alcoólicas e não-alcoólicas. Até a segunda metade do século XIX a coca-cola tinha em sua composição extrato de cocaína. No entanto, a associação entre danos físicos e psíquicos e a utilização da droga, envolvendo casos agudos ou crônicos, levaram a retirada da droga das bebidas e medicamentos, como aconteceu com a coca-cola no ano de 1901. O conceito de **estimulante** dado à cocaína foi substituído pelo conceito de **anestésico**, cujos efeitos colaterais são bastante agressivos. Este é um exemplo onde a Realidade não é apenas uma construção social, o consenso de uma coletividade, um acordo intersubjetivo. Ela também tem uma dimensão trans-subjetiva, na medida em que fatos

experimentais podem acabar com uma teoria científica¹¹.

O grande interesse da Química e da Medicina pela cocaína era a propriedade anestésica da substância. Desta forma, o conhecimento da estrutura molecular e o mecanismo de ação no nível biológico contribuíram significativamente para o desenvolvimento de novos agentes anestésicos. Este é um aspecto interdisciplinar que se manifesta através da relação entre a estrutura molecular e atividade biológica proporcionando uma leitura mais significativa da linguagem Química.

O papel da experimentação

No trabalho 'o papel da experimentação no ensino de química: estudando do solo', Casagrande¹⁷ tem observado que a experiência através de controle de variáveis e de obtenção de regularidades deve ir além da simples constatação de fatos. A experiência exige o estabelecimento de relações com o contexto em que insere. Nos resultados de sua pesquisa a pesquisadora chama atenção para o exemplo da "calda bordalesa", um fungicida com reconhecimento de eficácia em quase todas as áreas da agricultura. Embora seus componentes tenham origem mineral que sofreram processamento químico (cal virgem ou hidratada e sulfato de cobre), ela é bem aceita pelas mais variadas correntes da agricultura ecológica, visto que alguns dos componentes fazem parte dos processos metabólicos, sendo nutrientes essenciais para a constituição das plantas. A calda bordalesa surgiu no século XIX, na região de Bourdeaux, na França, sendo sua descoberta acidental, resultante da neutralização de sulfato de cobre com excesso de hidróxido de cálcio. O produto aspergido sobre vinhedos tinha como finalidade evitar furtos, uma vez que dava um aspecto azulado às folhagens, e, atuava como fungicida sobre o míldio da videira. Ao levar o tema para discussão em sala de aula, a preocupação foi a de tecer um outro olhar sobre a natureza do fenômeno envolvido e a relação dual micronutriente-fungicida do íon cobre. O fenômeno trouxe a tona o rompimento com as lógicas clássicas formais, onde as possibilidades em torno da verdade são binárias: verdadeiro ou falso, igual ou diferente. Na preparação/ utilização calda bordalesa, essas possibilidades estão mais diluídas como: sim, não e indeterminado. Esta nova lógica exige uma outra forma de pensar o conhecimento, procurando desvendar melhor a complexidade, para além da simplificação⁹.

As Tecnologias da Informação e Comunicação

Com as novas tecnologias, experiências podem ser simuladas com imagens e formalismos de plasticidade inusitada por computadores potentes; espaço e tempo já re-concebidos pela relatividade são agora socialmente re-formatados e compactados pelo uso das redes; realidade virtual parece real. O ensino de ciências vem sendo atropelado por estas inovações. Sem negar as grandes contribuições do

passado, conteúdos e métodos contemporâneos que traduzam esse conhecimento contemporâneo precisam ser também construídos e disponibilizados para os diversos níveis de escolaridade⁹.

Nesta perspectiva, Barbosa¹⁸ desenvolveu em sua pesquisa um ambiente virtual (software educacional). A temática escolhida envolveu a "água" como questão principal e foi apresentada através de uma microbacia hidrográfica fictícia cuja realidade revelava um conjunto de práticas e suas relações ambientais. O eixo temático abordado nesse trabalho surgiu pela possibilidade de sua exploração no contexto de cada disciplina e como elemento provocador da interdisciplinaridade. A construção do software foi permeada por interlocuções entre diferentes atores, que se constituíram por professores do Colégio Técnico da UFRJ. Cada professor, ao manifestar suas idéias, trazia o olhar de sua disciplina sobre o problema, que embora fictício, mostrou-se bastante próximo da realidade. Neste sentido, foram construídos pequenos relatos mostrando cada realidade deste grande contexto, que são expressos no *software* através das entrevistas e imagens. Apesar das manifestações advindas dos professores buscarem estabelecer ligações do problema apresentado com as questões histórico-sociais, percebeu-se uma forte preocupação em inserir elementos que pudessem ser melhor associados aos conceitos que eram trabalhados em suas disciplinas. Neste sentido, vale ressaltar a noção de perfil epistemológico defendida por Bachelard, que difere de um indivíduo para outro, e está fortemente influenciado pelas diferentes experiências que cada pessoa tem, pelas suas raízes culturais diferentes. Neste trabalho a expectativa de inovação e superação da perspectiva fragmentada do saber na educação não estava no produto tecnológico (*software* educacional), mas nas questões manifestadas através dele, onde a discussão promoveu entre os professores um espaço de abertura, de respeito mútuo e mesmo de humildade com relação aos sistemas de explicações e de conhecimentos, rejeitando qualquer tipo de arrogância ou prepotência¹³.

Conclusões

O levantamento realizado revelou que as concepções que sustentam a transdisciplinaridade trazem elementos significativos para a compreensão do "espaço nas fronteiras do Conhecimento" e também possibilitam um aprofundamento do debate. As idéias discutidas ao longo do artigo amadureceram e continua amadurecendo de forma significativa a experiência de pesquisa e de ação pedagógica junto a estudantes e professores pesquisadores, tanto na formação inicial quanto na formação continuada.

A superação do paradigma disciplinar, na perspectiva fragmentada do saber na educação química exige movimentos que permitam associar o simples/complexo.

A perspectiva transdisciplinar possibilita a transgressão da dualidade que opõe os pares binários. Seu caráter multidimensional, como também multirreferencial, levou a que a percepção dos diferentes níveis de Realidade se abrisse conforme os tipos de observador. Tais percepções, quando aprofundadas, permitiram uma visão cada vez mais ampliada e mais significativa.

A escolha de conteúdos, assim como a utilização da experimentação e de tecnologias de informação e comunicação no ensino de química, devem permear a construção de conhecimentos numa perspectiva transdisciplinar, superando a lógica binária clássica do “é” ou “não é”, do “bem” ou “mal”, na qual não cabem definições que ficam “entre as linhas divisórias” e para “além das linhas divisórias”.

(Orgs), Filosofia e Ensino: um diálogo transdisciplinar. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.

¹⁵SANTOS, A.C. S. Formação de Professores e os Aspectos Interdisciplinares e Transdisciplinares da Educação em Química. In SANTOS e Libâneo (Orgs), Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade. Campinas, SP: Ed. Alínea, 2005.

¹⁶NICOLESCU, B. A evolução transdisciplinar da universidade – Condição para o desenvolvimento sustentável. Disponível na Internet: <http://perso.club-internet.fr/nicol/ciret/bulletin/12/b12cgpor.htm>

¹⁷CASAGRANDE, E. C. M. o papel da experimentação no estudo do solo através do ensino de química na formação do técnico em agricultura. Seropédica-RJ. Projeto de Mestrado. UFRRJ, 2005.

¹⁸ BARBOSA, A Construção de um ambiente virtual que utiliza o tema transversal água para a interdisciplinaridade. Seropédica-RJ. Dissertação (Mestrado). UFRRJ, 2005

¹ ALMEIDA FILHO, N. Transdisciplinaridade e Saúde Coletiva. *Ciência & Saúde Coletiva*. II (1-2), 1997.

² GRÜN, M. Questionando os pressupostos epistemológicos da educação ambiental: a caminho de uma ética. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado). UFRGS, 1995.

³ PETRAGLIA, Izabel C. "Olhar sobre o olhar que olha": Complexidade, Holística e Educação. Petrópolis, Vozes, 2001.

⁴MARIOTTI, H. REDUCIONISMO, "Holismo" e Pensamentos Sistêmico e Complexo (Suas Consequências na Vida Cotidiana). Disponível na Internet: <http://www.geocities.com/complexidade/reduhol.html>

⁵Pires, M. F. C. Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no Ensino. *Interface – Comunicação, Saúde, Educação*, 2, 173-182, 1998.

⁶MORIN, E. "Complexidade e ética da solidariedade". In: CASTRO, G., CARVALHO, E. A. e ALMEIDA, M. C. (orgs), *Ensaio de complexidade*, Porto Alegre: Sulina, 1997.

⁷ALMEIDA, M. C. "Complexidade, do casulo à borboleta" CASTRO, G., CARVALHO, E. A. e ALMEIDA, M. C. (orgs), *Ensaio de complexidade*, Porto Alegre: Sulina, 1997.

⁸MORIN, E. *O Problema Epistemológico da Complexidade*. Mira-Sintra: Publicações Europa-América, 1996

⁹ANGOTTI, J.A.P. Complexidade e Ensino de Ciência". Disponível na Internet: <http://www.ced.ufsc.br/men5185/artigos/angotti>, 2006

¹⁰NICOLESCU, B., Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade. In: NICOLESCU, B., PINEAU, G., MATURANA H., RANDOM, M. E TAYLOR P. (orgs). *Educação e Transdisciplinaridade*. Brasília: Unesco, 2000.

¹¹ATLAN, H. *Com Razão ou Sem Ela: Intercrítica da Ciência e do Mito*. Lisboa: Piaget, 1994.

¹²ALEKSANDROWICZ, A. M. O autor responde. *Cad. Saúde Pública* vol.16 n.4 Rio de Janeiro Out./Dec, 2000.

¹³D'AMBROSIO, U. *Transdisciplinaridade*. São Paulo: Editora Palas Athena, 1997.

¹⁴CARBONARA, V. "Concepções Ético-epistemológicas que fundamentam a ação interdisciplinar e transdisciplinar no ensino fundamental e Médio". In CANDIDO, C. e CARBONARA, V.