

**As contribuições das tecnologias da informação e comunicação em um curso de Astronomia a distância: uma análise à luz da Teoria dos Campos Conceituais<sup>+</sup>\***

---

*Aline Tiara Mota*<sup>1</sup>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia  
Rio de Janeiro – RJ

*Mikael Frank Rezende Jr*<sup>2</sup>

Universidade Federal de Itajubá  
Itajubá – MG

**Resumo**

*Este trabalho descreve o planejamento e analisa a aplicação de um curso a distância de Astronomia em que participaram 17 alunos do Ensino Médio de uma escola da rede particular do sul de Minas Gerais. O curso ocorreu em um Ambiente Virtual de Aprendizagem e utilizou recursos como simulações, vídeos e textos. O foco da análise privilegiou uma compreensão de como esses recursos podem contribuir para melhorar o repertório de esquemas dos estudantes em situação. Para realizar este estudo, foi utilizada a Teoria dos Campos Conceituais, proposta por Gerard Vergnaud, como referencial para o planejamento do curso e para sua análise. Como resultados, destacamos a alternativa de interação entre professor e aluno que os ambientes virtuais podem proporcionar. Relativamente aos conceitos trabalhados, enfatizamos que para o conceito de Gravidade, há indícios de que os estudantes ampliaram seu repertório de esquemas sobre a relação entre massa e força gravitacional.*

**Palavras-chave:** *Teoria dos Campos Conceituais; Ensino de Astronomia; Tecnologias da Informação e Comunicação; Educação a Distância.*

---

<sup>+</sup> Contributions of information and communications technologies in online Astronomy course: an analysis with the Theory of Conceptual Fields

<sup>\*</sup> *Recebido: outubro de 2016.  
Aceito: setembro de 2017.*

<sup>1</sup> E-mail: [aline.mota@ifrj.edu.br](mailto:aline.mota@ifrj.edu.br), <sup>2</sup> E-mail: [mikael@unifei.edu.br](mailto:mikael@unifei.edu.br)

## **Abstract**

*This work presents the analysis of the planning and implementation of a distance learning course in Astronomy involving eight high school students of a private school in southern of Minas Gerais. The course took place in a Virtual Learning Environment, with resources such as simulations, videos and texts. The focus of the analysis brought an understanding of how these resources can contribute to improve the repertoire of schemes of the students. The Theory of Conceptual Fields, proposed by Gerard Vergnaud, was used to carry out this study as a reference for travel planning and analysis. The results highlight the alternative of interaction between teacher and student that virtual environments can provide. Regarding the discussed concepts, we emphasize that for the concept of gravity, there are indications that students could increase their schemes repertoire on the relationship between mass and gravitational force.*

**Keywords:** *Theory of Conceptual Fields; Astronomy Education; Information and Communication Technologies; Online Education.*

## **I. Introdução**

O mundo atual está permeado pela tecnologia e, conjuntamente, por uma necessidade de repensarmos ativamente o papel da escola nesse contexto, pois desde que “[...] as tecnologias de comunicação e informação (TIC) começaram a se expandir pela sociedade, aconteceram muitas mudanças nas formas de ensinar e de aprender” (KENSKI, 2010, p. 85). Almeida (2016, p. 527), por sua vez, aponta que “[...] mudanças significativas na cultura, nas relações sociais, nos modos de buscar e gerar informações, de expressar o pensamento e a afetividade, na atribuição de significados e sentidos ao conhecimento e à própria vida” são alterações significativas promovidas/incentivadas pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação.

Todas essas mudanças têm exigido de educadores um certo envolvimento, direta ou indiretamente, com metodologias que incentivem o aluno a ser mais ativo (ALMEIDA; VALENTE, 2017) e a compreensão de como, ou se, as tecnologias digitais podem contribuir para o trabalho em sala de aula e para a aprendizagem dos estudantes.

Porém, como indica Rodrigues (2017),

*Não basta inserir recursos digitais para adequar as práticas pedagógicas ao contexto sociocultural que se apresenta na contemporaneidade; é preciso preparar os docentes para integrar esses novos instrumentos culturais e suas linguagens a práticas mais colaborativas e autorais, que lancem mão das possibilidades advindas dos recursos tecnológicos em prol da melhoria do processo de formação de seus alunos (p. 28-29).*

Na interface da escola e seus complexos entes, atores e relações, dentre eles a tecnologia, propomos uma reflexão inicial de quais seriam as contribuições das teorias que fundamentam o estudo sobre a aprendizagem em um contexto da tecnologia, e para tal, lançamos um olhar sobre os processos de aprendizagem. Uma das discussões desse ramo com profundas implicações na área educacional é a análise de como um sujeito pode aumentar seus conhecimentos, suas competências e suas capacidades (PLAISANCE; VERGNAUD, 2003).

Fazendo aproximações de fundamentos cognitivistas e sócio-interacionistas, destacamos aqui duas teorias que foram desenvolvidas ao longo do século XX na tentativa de compreender como pode ocorrer o aprendizado: a Epistemologia Genética de Jean Piaget e a Psicologia Sociocultural de Vygotsky.

Da profundidade do trabalho de Piaget destacamos a compreensão do conceito de esquema, que tem em sua essência a ideia de que as interações são parte fundamental do processo de aprendizagem, pois o conhecimento não está no sujeito que aprende e nem no objeto a ser aprendido, mas se faz por meio das interações entre eles. A inteligência é, assim, o fator que estrutura essas interações e o pensamento origina-se a partir de uma ação (PIAGET, 1964). Ainda segundo Piaget e Inhelder (1978), um esquema é uma estrutura, ou a organização de ações, que é generalizável em circunstâncias semelhantes, no momento da ação. O esquema também procura atender às formas de organização das habilidades sensório-motoras e intelectuais (PIAGET; INHELDER, 1978). Já na Psicologia Sociocultural, Vygotsky argumenta sobre a ideia de que um novo conhecimento é aprendido sob a influência de fatores como a interação social, a linguagem e a simbolização. Segundo Vygotsky (2001), é a própria mente que cria as estruturas cognitivas que serão fundamentais para que ocorra a aprendizagem.

É importante enfatizar, no que se refere ao papel das estruturas cognitivas, que há pontos concorrentes entre as teorias de Piaget e Vygotsky, visto que na teoria piagetiana o conhecimento só poderá ser aprendido se as estruturas mentais já estiverem formadas, e na Vygotskyana, as estruturas vão se construindo à medida que se aprende.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC), de Gerard Vergnaud, considera elementos das teorias Piagetiana e Vygotskyana, tornando-as complementares em diversos aspectos. Vergnaud foi aluno de Piaget e dele herdou boa parte dos conceitos empregados em sua teoria, principalmente a definição de esquemas. Nesse caso, a ideia de esquema é fundamental, pois a escola valoriza o conhecimento explícito e geralmente não se preocupa com o conhecimento implícito dos estudantes, no qual a definição de esquema está diretamente relacionada à compreensão de como esses conhecimentos implícitos poderiam ser importantes para a aprendizagem (VERGNAUD, 1994).

Segundo Moreira (2002), Vergnaud também reconhece a forte contribuição de Vygotsky em seu trabalho, ao destacar que:

*O papel do professor como mediador, provedor de situações problemáticas frutíferas, estimuladoras da interação sujeito-situação que leva à ampliação e à diversificação de seus esquemas de ação, ou seja, ao desenvolvimento cognitivo, deixa ainda mais*

*evidente que a teoria de Vergnaud tem também forte influência vygotskyana* (MOREIRA, 2002, p. 22).

Na travessia para a área da educação das ideias da epistemologia genética sobre as características de construção contínua do conhecimento, Vergnaud (2009) considera que o desenvolvimento e o aprendizado de um sujeito ocorrem em qualquer idade, e que “[...] o mundo, as tecnologias e os instrumentos mudam rapidamente” (VERGNAUD, 2009, p. 19). Nesse sentido, optamos por apresentar neste trabalho um exemplar de como os recursos tecnológicos podem contribuir para a ampliação do repertório de esquemas de estudantes em “situação”, conceito utilizado por Vergnaud para expressar que os processos cognitivos e as respostas do sujeito acontecem em função das situações com que ele se confronta. Assim, utilizaremos o referencial da TCC uma vez que ela nos fornece instrumentos que podem ser usados tanto para o planejamento de atividades com o uso de TIC (GILTIRANA; GOMES; LINS, 2004; ANDRADE, 2015) como para analisar o repertório de esquemas dos estudantes em um dado momento e situação (ANDRADE, 2015; MOTA; GARCIA; FERREIRA, 2014; REIS, 2013; REZENDE JR, 2006).

Objetivamente, este artigo apresentará e discutirá os resultados de uma pesquisa que utilizou a TCC como uma ferramenta para o planejamento e a análise de um curso de Astronomia, ministrado na modalidade a distância, para alunos dos 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio (EM), primeiramente por meio da TCC como fundamentação para o planejamento das atividades propostas e, em seguida, a estruturação do curso e a análise realizada com base em três instrumentos: um questionário inicial, as atividades do curso e uma entrevista semiestruturada realizada após o curso.

## **II. A teoria dos campos conceituais**

A TCC proposta por Gérard Vergnaud constitui-se em uma teoria neopiagetiana, isto é, traz elementos próximos aos apresentados por Piaget, incorporando modificações e/ou adaptações. Essa teoria foi concebida inicialmente no bojo da matemática, explicando como ocorre o processo de conceitualização progressiva de estruturas aditivas, relações algébricas, estruturas multiplicativas, relações número-espaço (VERGNAUD, 1996a), e tem desmembramentos e preocupações nas didáticas disciplinares específicas (NOGUEIRA; REZENDE, 2014); entretanto, não está restrita a essa área do conhecimento. Ao analisarmos trabalhos como os de Vergnaud (1996a), Fávero e Souza (2001), Moreira (2002), Carvalho Jr (2005), Ariassecq e Greca (2006) e Braga e Teixeira (2006), verificamos também como factível uma oportunidade de utilizá-la na Física, respeitando os contornos epistemológicos específicos dessa outra área.

As principais ideias da TCC estão calcadas nos seguintes conceitos-chave: Conceito, Esquemas, Invariantes Operatórios e Situações. Segundo Vergnaud (1996a), um Conceito não é apenas uma explicação atribuída a um elemento do conhecimento e não se restringe a uma definição; conceitos podem ter significados diferentes em contextos diferentes. Para Vergnaud,

um Conceito é formado por um triplete de três conjuntos: as situações (S), os invariantes operatórios (I) e as representações simbólicas (R). Assim, na TCC, existem três características fundamentais em relação aos Conceitos:

- 1) Um conceito não se forma em um só tipo de situação;
- 2) Uma situação não se analisa com um só conceito;
- 3) A construção e a apropriação de um dado conceito pode demorar muito tempo, se modificar, se desconstruir, se reconstruir.

Na explicação de Vergnaud para Esquema, este se refere tanto a processos mentais inconscientes como as atitudes conscientes que geram uma ação. Para o autor, Esquema é a organização invariante da conduta para uma dada classe de Situações (VERGNAUD, 1996a). O Esquema fornece, na TCC, especificações como: metas e antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência.

Ainda que Vergnaud tenha utilizado a ideia de esquema proposta por Piaget, existe uma diferença entre as duas definições, visto que Vergnaud acrescentou uma dimensão conceitual aos esquemas por meio dos invariantes operatórios (VERGNAUD, 1996b). Segundo Moreira (2002), enquanto Piaget analisou os esquemas de forma bastante específica, no sentido da relação sujeito-objeto, Vergnaud considerou o aprendiz em situação e, para tanto, definiu uma relação esquema-situação.

Os Invariantes Operatórios são os conhecimentos contidos nos esquemas e proporcionam o indispensável vínculo entre a conduta e a representação, tornando-se a fonte primária da representação e conseqüentemente da conceitualização. São os invariantes operatórios que fazem a articulação necessária entre a teoria e a prática, pois são os conhecimentos contidos nos esquemas, conceito-em-ação e teoremas-em-ação, que possibilitam a percepção e a busca de informação do aluno. Sendo assim, essas duas expressões: conceito-em-ação (objetos, predicados, categorias de pensamento, pertinentes e relevantes à situação) e teorema-em-ação (proposições tidas como verdadeiras sobre o real) são os invariantes operatórios que compõem os esquemas (VERGNAUD, 1996a).

As Situações, na TCC, podem ser entendidas como tarefas a serem cumpridas pelos aprendizes. As situações adquirem, nessa teoria, um sentido diferente de situação didática ou situação de aprendizagem. Seu significado remete ao fato de que o aprendiz necessita ser desafiado em suas buscas, assim, é importante proporcionar momentos em sala que dinamizem o processo de buscar respostas. Essas tarefas explicitam duas ideias importantes que, de acordo com Vergnaud (1996a), alinham-se ao sentido habitualmente dado pelos psicólogos: os processos cognitivos e as respostas do sujeito são função das situações com as quais ele se confronta (VERGNAUD, 1982). Podemos citar duas dessas ideias:

- 1) Ideia de variedade: os campos conceituais podem fornecer uma variedade de situações que irão gerar classes de esquemas possíveis de identificação;
- 2) Ideia de história: as situações dominadas pelos alunos e também aquelas com que se depararam ao longo de sua história formam o seu conhecimento.

No trabalho de Moreira (2002), que faz uma discussão sobre a TCC na área de Ensino de Ciências, o autor argumenta, apoiado nas ideias de Vergnaud, que o papel das situações no ensino é muito importante, pois são as Situações que dão sentido aos conceitos; um conceito torna-se significativo se existe um número elevado de Situações em que possa ser compreendido. Dar sentido a um conceito significa que esse sentido passa a ser uma relação do sujeito com as situações e os significantes. Especificamente, quando um sujeito reconhece o sentido de uma determinada tarefa (situação) ou representação (significante), há indícios de que ele evocou esquemas, ou seja, organizou seu comportamento frente à situação. Essas formas invariantes podem ser expressas pelos estudantes e reconhecidas pelo professor por meio dos invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) (MOREIRA, 2002).

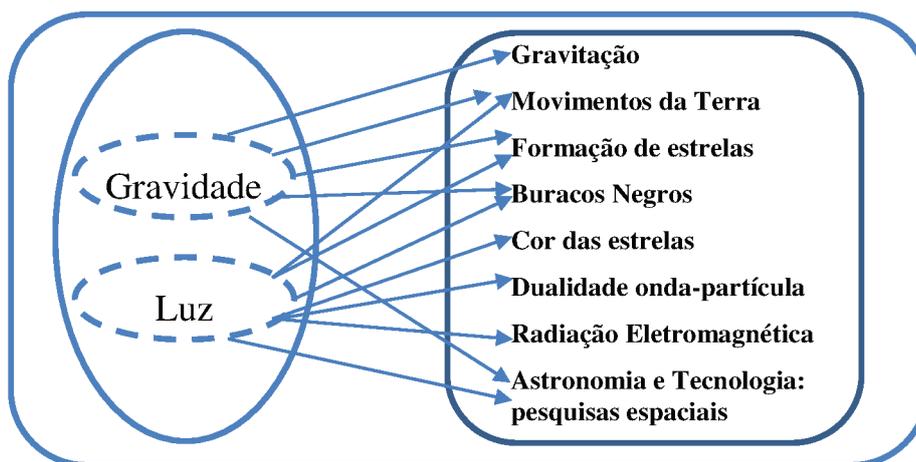
Nesse sentido, propomos neste trabalho a caracterização da Astronomia como um Campo Conceitual (CC) e desenvolvemos um curso com o objetivo de analisar como as TIC podem contribuir para avanços nos esquemas de estudantes em Situação, utilizando como referência o planejamento didático elaborado por Carvalho Junior e Aguiar Junior (2008), ainda que as atividades deste trabalho estejam relacionadas a outro CC, o da Física Térmica.

### **III. O campo conceitual da Astronomia**

Para Vergnaud (1996a), o conhecimento é organizado em CC, cujo domínio por parte daquele que aprende ocorre em um longo período, por meio de aprendizagem, experiências e maturidade. O CC é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento que se interligam durante o processo de aquisição destes (VERGNAUD, 1982).

Dentre suas potencialidades teóricas, e admitindo um CC como um “[...] conjunto de situações cujo domínio requer o domínio de vários conceitos de naturezas distintas” (MOREIRA, 2002, p.23), entendemos a Astronomia, neste trabalho, como um CC, pois esta é constituída de diversos conceitos que se formam em situações distintas e, em alguns momentos, com definições específicas. A gravidade, por exemplo, é um conceito que se constitui em muitas situações e cenários. É possível entender a gravidade do ponto de vista da mecânica newtoniana como uma força que age a distância; ou do ponto de vista da relatividade, como uma deformação no espaço-tempo, e nesse sentido, o conceito pode ser melhor compreendido se houver situações que mostrem qual é o contexto epistemológico de cada uma das definições.

Objetivando elaborar situações que ampliassem a compreensão dos estudantes sobre os conceitos de gravidade e luz, utilizamos as ideias de Vergnaud como norteadoras para o planejamento e análise de um curso a distância para estudantes do EM. No curso, a partir de conceitos escolhidos (gravidade e luz), elegemos alguns tópicos como gravitação, movimentos da Terra, formação de estrelas, buracos negros, cor das estrelas, dualidade onda-partícula, radiação eletromagnética, astronomia e tecnologia e, a partir deles, elaboramos atividades que se organizaram no formato de um curso sobre Astronomia, conforme a Fig. 1.



*Fig. 1 – Tópicos relacionados à Gravidade e Luz.*

Os tópicos da Fig. 1 formaram uma primeira escolha das situações para as atividades propostas em Astronomia. Certamente existem outros assuntos que podem ser explorados a respeito da gravidade e da luz, mas para este estudo optamos por utilizar os indicados na Figura 1, pela qual é possível notar que um conceito está presente em tópicos distintos, possuindo uma definição diferente, dependendo do contexto epistemológico. O conceito de gravidade, por exemplo, pode ser estudado quanto a suas significações no contexto da gravitação de Newton, como no contexto dos buracos negros e da Astronomia, já no campo da Relatividade Geral.

#### **IV. A pesquisa**

Esta pesquisa teve início no planejamento e na confecção de um curso de Astronomia para alunos do EM, em um formato que privilegiasse a utilização das TIC na modalidade a distância. Esse curso foi caracterizado por um planejamento que se apoiou nas situações e conceitos, no sentido adotado pela TCC de Vergnaud. Após essa etapa, foram definidos os sujeitos que participariam das atividades, nesse caso, alunos do 1º, 2º e 3º anos de uma escola particular do sul de Minas Gerais. Na referida escola, estavam matriculados no período de realização da pesquisa 6 alunos no 1º ano, 7 no 2º ano e 4 no 3º ano, totalizando 17 alunos no EM, dentre os quais oito participaram das atividades, e que serão analisados. Com duração de sete semanas, foi estabelecido inicialmente com a professora de Física que todos os alunos participariam deste curso de Astronomia implementado em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), e que este curso faria parte da avaliação do primeiro bimestre daquele ano letivo.

##### **IV.1 As TIC no contexto da educação em Ciências**

As TIC e o ciberespaço são possibilidades (e desafios) reais para ações no cenário educacional (LEÃO, 2005; RICARDO, 2012), e que certamente contribuirão para as atividades

cognitivas e as relações entre professores e alunos, ainda que elas, por vezes, constituam-se em um desafio nesse “admirável mundo novo”<sup>2</sup>.

No contexto educacional, as TIC têm possibilitado novas aplicações para simulações, vídeos, além de muitas outras ferramentas pedagógicas, ainda que o foco dessa utilização não possa se resumir a simples manipulação desses meios nos moldes informativos que atualmente são vivenciados fora do cotidiano escolar. Como ressalta Kenski (2010),

*O desafio é o de inventar e descobrir usos criativos da tecnologia educacional que inspirem professores e alunos a gostar de aprender, para sempre. A proposta é ampliar o sentido de educar e reinventar a função da escola, abrindo-a para novos projetos e oportunidades, que ofereçam condições de ir além da formação para o consumo e a produção (p.68).*

Nesse cenário, professores e alunos não se relacionam somente de forma hierarquizada, mas de forma colaborativa, buscando novas concepções, investigando em conjunto. Vaniel, Heckler e Araújo (2011), por exemplo, apontam a internet como meio facilitador da interação entre professores e alunos. Okada (2011) também aponta as contribuições da *web* para aprendizagens mais colaborativas e em redes.

Imersos na discussão sobre a inserção das TIC nas escolas e o seu papel na aprendizagem dos estudantes, para que possamos nos posicionar em defender sua importância no exercício crítico, é necessário estabelecer certos critérios. Tella (1997), por exemplo, criou uma classificação para o uso da tecnologia, de acordo com a forma em que é aplicada:

1) Tecnologia como ferramenta: obtenção da informação, textos, desenhos, comunicação com terceiros, no sentido de ampliar a funcionalidade humana.

2) Tecnologia como parceira intelectual: representação do conhecimento, reflexão sobre o que foi aprendido, suporte a negociação interna para construção de significado.

3) Tecnologia como contexto: representação e simulação de problemas, situações e contextos significativos do mundo real, definição de um espaço controlável para o raciocínio do aluno, apoio ao diálogo entre a comunidade de aprendizes, aprendizagem baseada em problemas.

As construções teóricas de Tella indicam um processo gradual que dialoga com os três planos de desenvolvimento propostos por Costa (2013) para formação de professores para uso das tecnologias – quais sejam: “saber usar” as tecnologias; “saber usar para aprender o currículo”; e “saber usar para pensar, decidir e agir”. Nesse sentido, também é possível estabelecer relações entre o último item da classificação de Tella (1997), o terceiro plano proposto por Costa (2013) e o uso das tecnologias como ferramentas cognitivas, referido por Jonassen (2007) como aquele no qual as tecnologias são “[...] parceiras intelectuais do aluno, de modo a estimular e facilitar o pensamento crítico e a aprendizagem superior” (JONASSEN, 2007, p. 21).

---

<sup>2</sup> No sentido figurado usado por Aldous Huxley em seu livro, de mesmo título, publicado em 1932.

Pela classificação de Tella (1997), o curso aqui proposto encontra-se no terceiro nível, pois as situações elaboradas apresentaram uma forte estruturação em tecnologias; já a Educação a Distância (EaD), que tem ganhado novos contornos educacionais, pode ser inserida em qualquer uma das classes apresentadas por Tella (1997), dependendo da forma como é proposta e utilizada, pois de acordo com os objetivos de cada curso e a ação dos professores (ou daqueles que elaboram o curso), ela poderá servir como um local para guardar informações, bem como fornecer recursos que promovam novas formas de pensar e aprender (VALENTE; PRADO; ALMEIDA, 2003).

É certo que, dentre os estudantes que fazem parte deste atual e vivencial mundo tecnológico, encontram-se aqueles do Ensino Médio (EM) e, embora eles certamente utilizem as TIC como ferramentas para comunicação, com demandas cada vez mais imediatas, ainda não se sabe, em todos os contextos, como são utilizadas para a aprendizagem formal. Alguns autores (MARCUSO, 2009; BIZZO, 2009; VALENTE; PRADO; ALMEIDA, 2003; MILL, 2006) têm explorado este tema e tentado localizar como a EaD está inserida em sala de aula, bem como a permeabilidade proporcionada pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e pelas tecnologias móveis em contextos de aprendizagem (VALENTE; ALMEIDA, 2014; SHARPLES, 2005; SHARPLES; TAYLOR; VAVOULA, 2005). Em contribuição a este questionamento, propomos um trabalho específico em relação à educação para a Astronomia para estudantes do EM.

## **IV.2 A Elaboração do curso**

A elaboração do curso privilegiou o desenvolvimento de Situações que promovessem a identificação de invariantes operatórios em estudantes, o que também possibilitaria intervir em suas proposições, avaliando o processo de conceitualização dentro do CC da Astronomia. Considerando que existem muitos recursos tecnológicos que podem auxiliar o professor no trabalho desse CC, a opção por um curso no formato a distância fundamenta-se na necessidade atual de se investigar o desempenho de adolescentes, integrados e acostumados a um mundo digital, em uma dinâmica que utiliza simulações, vídeos e a própria interação no ambiente como recursos didáticos. Estudos como os de Giltirana, Gomes e Lins (2004), Andrade (2015) e Reis (2013) enfatizam esse novo cenário de ação pedagógica e fazem uma aproximação entre a TCC e as TIC.

Alicerçado nesses trabalhos, o curso foi organizado em 14 aulas e elaborado a partir de dois conceitos estruturadores: gravidade e luz, conforme Tabela 1. As aulas foram disponibilizadas no AVA duas vezes por semana, totalizando sete semanas, onde os alunos tinham um prazo de aproximadamente uma semana para realizarem cada uma das atividades. Ressaltamos ainda que alguns dos recursos apresentados na Tabela 1 não foram produzidos pelos autores deste trabalho, entretanto, estão disponíveis para utilização educacional, desde que citada a fonte.

A Tabela 1 apresenta quais foram as situações escolhidas, os conceitos que se destacam, os recursos tecnológicos utilizados e como esses forneceram os dados para esta pesquisa. Como produto, fruto de uma dissertação de mestrado profissional, foi produzido um material em HTML, contendo os *links*, textos e simuladores utilizados. Esse arquivo pode ser utilizado livremente e está disponível para *download*<sup>3</sup>.

Tabela 1 – Distribuição das Atividades.

Situação	Conceito	Atividades de aula		Objetivos de pesquisa
		Aula	<b>Atividades</b>	
Modelos de Mundo	Gravidade	1	Atv 1.1 – Vídeo disponível na internet. Atv 1.2 – Modelo Geocêntrico de Ptolomeu (texto); Atv 1.3 – Atividade no portfólio.	Verificar com o auxílio da ferramenta “comentar” quais conceitos-em-ação os alunos usam para explicar a visão aristotélica de mundo, inserindo elementos de Gravidade nas interlocuções.
		2	Atv 2.1 – Modelo Heliocêntrico (texto); Atv 2.2 – Atividade prática – construção de um sextante. Atv 2.3 - Observação do movimento aparente dos astros (roteiro).	Avaliar a potencialidade do roteiro em flash em orientar os estudantes em uma atividade de observação por meio das dúvidas enviadas por correio.
		3	Atv 3.1 – Constelações; Atv 3.2 – Reconhecendo constelações no planetário virtual (roteiro).	Avaliar a potencialidade do roteiro em flash para o reconhecimento de algumas constelações.
		4	Atv 4.1 – Vídeo Atv 4.2 – Atividade no portfólio.	Avaliar a contribuição do vídeo para o entendimento dos modelos de mundo apresentados e as novidades de Galileu.
		5	Atv 5.1 – Sistemas de coordenadas Local e Horizontal (animação); Atv 5.2 – Vídeo sobre Kepler; Atv 5.3 – Vídeo Leis de Kepler.	Investigar se a atividade 2.3 foi compreendida e se os estudantes conseguem relacioná-la com os sistemas de coordenadas apresentados (Sistema Horizontal Local e Sistema Equatorial).
Gravitação	Gravidade	6	Atv 6.1 – Gravitação Universal (texto); Atv 6.2 - Vídeo Atv6.3 - Resolução de questões com o simulador Gravity Force Lab - discussão via chat.	Fornecer subsídios para a compreensão do conceito de Gravidade no âmbito da GU e utilizar a ferramenta síncrona “Bate-papo” para avaliar a compreensão dos estudantes sobre o tema.

<sup>3</sup> O curso está disponível em: <[https://docs.google.com/file/d/0B5nihEg4gY\\_qMmRtNXhqYmszcjg/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/file/d/0B5nihEg4gY_qMmRtNXhqYmszcjg/edit?usp=sharing)>.

		7	Atv 7.1 – Formação de grupos. Atv 7.2 – Resolução em grupo de uma situação problema envolvendo rotação da Terra, com auxílio do simulador. Atv 7.3 – Proposição de pergunta no fórum sobre gravidade e rotação da Terra.	Investigar como os alunos se comportam ao trabalhar em grupo utilizando ferramentas tecnológicas, como simulações e o próprio espaço no AVA.
Fenômenos Ass-	Gravi-	8	Atv 8.1 – Simulador das estações do ano. Atv 8.2 – Responder no portfólio 4 questões sobre o simulador explorado.	Avaliar se houveram mudanças em relação ao que foi respondido nas questões 9 e 10 do questionário aplicado antes do curso.
Gravidade e Tecnologia	Gravidade	9	Atv 9.1 – leitura sobre movimento orbital. Atv 9.2 – Atividade com o simulador <a href="http://www.if.ufrgs.br/cref/maikida/projetilsatelitec.html">http://www.if.ufrgs.br/cref/maikida/projetilsatelitec.html</a> Atv 9.3 – Aviso sobre a próxima atividade.	Avaliar como o aluno descreve o movimento orbital, fornecendo subsídios para que, na entrevista realizada após o curso, seja possível identificar conceitos e teoremas-em-ação.
Evolução Estelar	Gravidade e Luz	10	Atv. 10.1 – leitura de texto. Atv. 10.2 – texto de apoio sobre formação de estrelas. Atv 10.3 – Fórum de discussões: como é produzida a luz de uma estrela?	Investigar como a leitura de textos pode ajudar a compreender o que é Luz. Além disso, o fórum de discussões é utilizado para haja interação entre os alunos.
		11	Atv.11.1 – Uso do bate-papo para discussão da evolução estelar. Atv 11.2 – Produzir texto explicando a evolução estelar com as ideias do simulador da evolução estelar e da atividade 11.1.	Investigar a contribuição do simulador e da interação por meio do “Bate-papo” para a compreensão da situação “Evolução Estelar”.
Natureza	Luz	12	Atv 12.1 – Vídeo sobre a natureza da luz. Atv 12.2 – Responder questões no portfólio.	Investigar as contribuições do vídeo para o entendimento da natureza da Luz.
Propagação da Luz	Luz	13	Atv 13.1 – Vídeo sobre ondas eletromagnéticas. Atv 13.2 – Responder questões no Portfólio. Atv 13.3 – leitura do texto sobre as propriedades da luz.	Investigar as contribuições do vídeo e do texto para o entendimento da natureza da Luz.
Gravidade e Luz	Gravidade e Luz	14	Atv 14.1 – leitura do texto sobre telescópios. Atv 14.2 – Responder a questões no portfólio. Atv 14.3 – Vídeo sobre a Teoria Geral da Relatividade.	Avaliar como os alunos compreenderam a propagação da Luz fazendo uma relação com a forma em que a luz das estrelas é observada pelos telescópios e como isso foi abordado na comprovação da Teoria Geral da Relatividade, fechando as ideias sobre Gravidade e Luz.

É relevante mencionar que entre as aulas 1 e 5, a apresentação dos temas voltou-se basicamente à história do desenvolvimento das ideias astronômicas, dada sua importância (PERCY, 1998; LANGHI, 2004; CANIATO, 2011). Nas demais aulas, os conceitos de gravidade e luz se desenvolveram mais diretamente, e não houve uma separação evidente entre esses dois conceitos durante o curso, sendo que nas aulas 5, 6, 7 e 9 há um predomínio do conceito de gravidade e nas aulas 12, 13 e 14 o conceito de luz se destaca. Isso se deve ao fato de as aulas terem sido estruturadas a partir do conceito de Situação proposto por Vergnaud. Já nas aulas 10, 11 e 14 os dois conceitos aparecem em conjunto de forma mais evidente. Assim, é necessária uma explicação em relação às situações formuladas no planejamento, que também são apresentadas na Tabela 1.

A situação “Modelos de Mundo” foi apresentada em 5 aulas. É importante notar que “Modelos de Mundo” pode ser considerada uma Situação, pois ela não pode ser compreendida somente com um conceito (conceitos como gravidade, órbita, constelação, entre outras) e os conceitos não se formam dentro de um só tipo de situação; o conceito de gravidade, por exemplo, vai se formando durante outras situações do curso.

A “Gravitação” foi outra situação elaborada, utilizando um simulador da força gravitacional disponível na página *web* PhET<sup>4</sup>, da Universidade do Colorado. Nesse caso, como a força gravitacional age nos dois corpos envolvidos, trata-se de um par ação e reação, assim, as funcionalidades do simulador, como por exemplo, o botão de escolha das massas, a régua para medida da distância e a aparência de esforço dos homens que exercem a força, ilustram que não há um corpo que predomine na ação, pois os dois corpos experimentam a mesma força. A Fig. 2 apresenta este simulador.

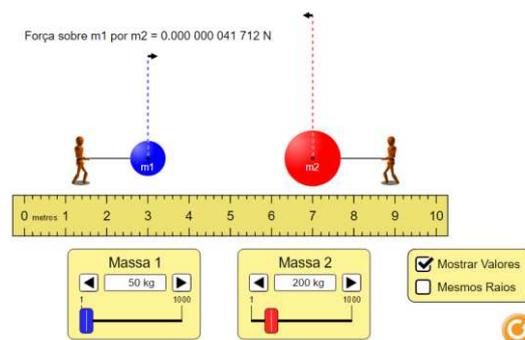


Fig. 2 – Simulador da força gravitacional. Fonte: Página PhET

As situações “Fenômenos Astronômicos” e “Gravidade e Tecnologia” também se caracterizam como situações, pois dispõem de uma série de conceitos que vão se formando ao longo do CC. Ambas dão continuidade ao entendimento do conceito de gravidade, inserindo novos conceitos como período de órbita, precessão, velocidade de escape, entre outros.

Em “Evolução Estelar”, os alunos se confrontam com o problema de associar

<sup>4</sup> <[https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab_pt_BR.html)>.

fenômenos físicos ao processo de formação de uma estrela. Para compreender todo processo, é importante conhecer o significado de “atração gravitacional”, “equilíbrio térmico”, “pressão térmica”, “fusão nuclear”.

Nas três últimas situações, “Natureza da Luz”, “Propagação da Luz” e “Gravidade e Luz”, completa-se as relações iniciais estabelecidas pelos critérios apresentados no delineamento da Fig. 1. O objetivo de se estabelecer essas relações foi o de direcionar o aluno à compreensão proposta na Teoria da Relatividade Geral, que interpreta a gravidade como um efeito da deformação no espaço-tempo, provocando inclusive um desvio na propagação da luz de outros corpos celestes.

### **IV.3 O Ambiente Virtual de Aprendizagem**

O curso proposto foi ministrado na modalidade a distância, utilizando o AVA TelEduc. Novamente ressaltamos que a opção pelo curso a distância justificou-se a partir da necessidade de investigar o desempenho de adolescentes, que vivem em um mundo permeado por tecnologia, em uma dinâmica que utiliza simulações, vídeos e a própria interação no ambiente como recursos didáticos (KENSKI, 2010; LEVY, 2000). O AVA em questão apresenta recursos como Bate-Papo, Portfólio, Fórum de Discussões, Correio, etc (MILL, 2006; MARTINS, 2008; MARCUSSO, 2009).

Para esta pesquisa, os recursos escolhidos no AVA e analisados foram o Bate-Papo, Portfólio e Fórum de Discussões. No Bate-Papo, os alunos podem conversar entre si e com os formadores, promovendo um espaço de troca de conhecimento e também uma possibilidade de uso conjunto com as outras ferramentas. Para o curso elaborado, esta ferramenta foi utilizada para guiar atividades nos simuladores disponíveis na internet, ou seja, foi por meio do bate-papo que as instruções e questionamentos sobre os fenômenos apresentados puderam ser inicialmente discutidos.

O Portfólio, que é uma espécie de pasta pessoal do aluno, foi usado para manter registradas as respostas dos alunos em atividades que suscitavam questionamentos. No Portfólio é possível, ao formador e ao aluno, inserir comentários. Foi por meio dos comentários que os diálogos, explicações e questionamentos foram realizados. O Fórum de Discussão, por sua vez, funciona como uma página em que as respostas vão sendo postadas, discutidas e comentadas, de forma semelhante ao que pode ocorrer no Portfólio, porém, é mais interativo.

Enfatizamos, assim, que a escolha pela utilização do AVA para a promoção do curso de Astronomia deveu-se, não somente ao papel e função da tecnologia na vida cotidiana dos estudantes, mas à significativa influência que tal imersão tecnológica tem exercido nos processos de aprendizagem.

### **IV.4 O percurso metodológico**

A coleta de dados desta pesquisa, de natureza qualitativa, apoiou-se em três etapas no que se refere ao seu percurso metodológico: aplicação de um questionário antes da realização

do curso, análise do material produzido pelos alunos durante o curso, e entrevistas semiestruturadas individuais realizadas após o término do curso. Para a análise, foram utilizados o método da interlocução (MI) e a análise de conteúdo (AC).

O Método da Interlocução, proposto por Fávero e Sousa (2001), foi desenvolvido inicialmente para o estudo da Resolução de Problemas em Física. Segundo essa metodologia, para que se possa gerar subsídios para a prática de ensino da Física, pode ser desenvolvido um método que ultrapasse a ideia de transmissão nos processos de comunicação da situação de sala de aula. Esta metodologia está centrada numa situação de interação social, de modo a evidenciar as regulações cognitivas dos sujeitos e sua tomada de consciência, em função de um CC particular e da análise desses processos, a partir da produção e dos processos comunicacionais desenvolvidos nessa interação (FÁVERO; SOUSA, 2001).

A AC, na perspectiva de Moraes (1999), foi utilizada nesta pesquisa para analisar o material dos participantes no questionário inicial, nos trabalhos postados no AVA e nas entrevistas. Para Moraes (1999), um texto contém muitos significados que podem ser compreendidos a partir de algumas considerações:

- (a) o sentido que o autor pretende expressar pode coincidir com o sentido percebido pelo leitor;
- (b) o sentido do texto poderá ser diferente de acordo com cada leitor;
- (c) um mesmo autor poderá emitir uma mensagem, sendo que diferentes leitores poderão captá-la com sentidos diferentes;
- (d) um texto pode expressar um sentido do qual o próprio autor não esteja consciente.

Por meio da AC, os dados foram organizados da forma proposta de Moraes (1999): (1) preparação dos dados; (2) unitarização; (3) categorização; (4) descrição; (5) interpretação.

Na etapa 1, que consiste em preparar os dados, foram selecionadas as respostas das atividades realizadas no AVA, elaborando-se para isso um arquivo com as respostas dos alunos entrevistados. Ainda nesta etapa, os áudios das entrevistas foram transcritos e organizados em arquivos de texto.

Na etapa 2 (unitarização), foram definidas as unidades de análise, que são os pontos de referência dentro da pesquisa, ou seja, os elementos procurados nas respostas dos questionários, nas falas dos estudantes no momento da entrevista e em atividades dentro do AVA. Essas unidades de análise foram criadas pelos pesquisadores e apresentadas na Tabela 2, e são: participação (P), interação (I) e simulações (S).

A unidade (P) refere-se à experiência de cada estudante ao participar do curso a distância, pontos positivos e negativos relatados por eles, aspectos sobre o tipo de material utilizado e a forma como o diálogo foi estabelecido entre alunos e formadora. Já a unidade (I) tem a função de analisar como os estudantes se comportam em situações nas quais a interação pode ser um fator relevante. A unidade (S) busca indícios nas falas dos estudantes sobre o papel das simulações para a compreensão de conceitos pertencentes ao CC de Astronomia, em particular, os conceitos de gravidade e luz.

Tabela 2 – Unidades de Análise.

Unidade de Análise	Características
P	<p>1) Os alunos têm preferência por recursos “não estáticos” quando se encontram em atividades realizadas no computador. Esses recursos fornecem elementos mais objetivos para a situação em desenvolvimento, favorecendo compreensões superficiais, entretanto, de caráter investigativo, estimulando a continuidade na realização das tarefas.</p> <p>2) A ferramenta bate-papo é um recurso do AVA que proporciona a mediação da comunicação entre os participantes. É uma ferramenta que favorece momentos de regulação cognitiva dos alunos na atividade a ser desenvolvida.</p> <p>3) O portfólio apresentou contribuições de forma parecida com o bate-papo. A diferença está na forma assíncrona de postagens, que oferece ao aluno mais tempo para pensar e elaborar melhor suas respostas.</p>
I	<p>1) Interação para os alunos é a comunicação feita com o professor, no esclarecimento de dúvidas técnicas ou específicas do conteúdo estudado e na regulação de suas respostas, fornecendo-lhes novos questionamentos. Isso proporciona a eles a oportunidade de rever suas afirmações e julgar se estão corretos em suas compreensões.</p> <p>2) A importância da interação com os colegas foi identificada apenas na atividade em grupo. Em outras atividades, como as realizadas no fórum de discussões, a interação aluno-aluno foi muito baixa e não foi citada pelos alunos nas entrevistas.</p> <p>3) As interações contribuem para a evolução da aprendizagem no CC da Astronomia, quando são do tipo professor-aluno. Não foi possível concluir se a evolução acontece na interação aluno-aluno, pois as situações elaboradas deveriam ter dado maior ênfase às atividades no fórum de discussão.</p>
S	<p>1) Os recursos presentes do AVA possibilitam o aumento do repertório de esquemas, uma vez que, e especificamente sobre os conceitos gravidade e luz, os trechos analisados demonstram que à medida que entram em contato com diferentes recursos, sejam eles textos, simulações, discussões no fórum, os alunos adquirem novos elementos que podem ser utilizados por eles para explicar o fenômeno em questão.</p> <p>2) Os recursos favorecem as discussões sobre um conceito, especialmente os simuladores que levam o aluno a experimentar de forma mais direta a influência das diversas grandezas em processos e fenômenos.</p> <p>3) Os recursos constituem uma forma de representação, pois os alunos conseguem expressar leis e teorias com o auxílio das diferentes linguagens presentes nesses recursos. Essas linguagens são, por exemplo, as imagens, os movimentos adquiridos pelos objetos dependendo dos valores inseridos, a dinâmica aplicada ao movimento das animações.</p>

Fonte: Dados de pesquisa.

As etapas 3, 4 e 5 de organização de dados (categorização, descrição e interpretação) ocorreram de forma conjunta, a partir da leitura e análise de todas as fontes de dados (questionários, atividades no AVA e entrevistas), e serão apresentadas nos Resultados e Discussões.

## V. Resultados e discussões

Nas atividades realizadas, a identificação pelo professor de algumas representações expostas pelos estudantes ajudou a reformular novos questionamentos no momento da interação ou na reformulação de situações futuras. Nas falas dos estudantes – que tiveram seus nomes suprimidos e são designados aqui por “aluno n” (com n variando de 1 a 8) – obtidas por meio das entrevistas semiestruturadas, é ressaltado por eles que os recursos oferecidos por um AVA podem fornecer elementos estimuladores da aprendizagem, principalmente auxiliando na transposição do que se refere à supressão da timidez.

*Ah, porque eu tenho um pouco de receio de perguntar para o professor. Você viu, na minha sala tem 4 alunos só e mesmo assim, tem umas aulas que tenho receio de perguntar. Aí pela internet eu pergunto mais (Aluno 5).*

*Eu creio, assim, que para as pessoas que tenham maior dificuldade de se aproximar do professor, no caso para perguntar, é um meio mais fácil e nesse caso alcança a todos da mesma maneira, no caso, bem ampla e então fica ótimo para todos os lados. A sala de bate-papo também eu achei muito boa, ela dá liberdade para gente dizer o que quer fazer. Lá tem se você quer perguntar, tirar uma dúvida, responder, então você se sente confortável naquele espaço (Aluno 8).*

Nessas falas, observamos uma das implicações importantes, discutida por Sousa e Fávero (2002), que é a função mediadora do professor, cujo papel é o de ajudar os alunos a desenvolverem seu repertório de esquemas. Embora a linguagem e os símbolos transmitidos pelo professor no momento em que ensina sejam importantes do ponto de vista da comunicação, prover situações frutíferas constitui-se no fator mais relevante dessa mediação.

Por essa óptica, para o aluno 1, a situação que ocorreu na aula 11 constituiu-se interessante, uma vez que proporcionou uma opção ao diálogo, já que essa comunicação ocorreu com o auxílio da ferramenta “bate-papo” ao mesmo tempo em que o estudante possuía as informações fornecidas pelo simulador. Isso traz indícios de que, para A1, o fato de não estar em um contato direto com colegas lhe deu liberdade de perguntar e de interagir com os demais participantes.

Já o aluno 4 comentou sobre a possibilidade em se concentrar em seus estudos. Para esse sujeito, a modalidade a distância forneceu um momento de aprendizagem que não se constituiu em um isolamento, pois ele pode escolher entre acessar os colegas ou não, mas sua liberdade de escolha fica estabelecida. A mesma afirmação foi feita a partir da resposta fornecida pelo aluno 5. Ele se sentiu menos inibido ao esclarecer dúvidas na ausência<sup>5</sup> dos colegas. Essas alegações sugerem que a modalidade, bem como os recursos do AVA e a disponibilidade do professor e do aluno, favorece mais uma opção ao diálogo, que seria mais difícil para o aluno 5 em um curso presencial, já que afirmou ter receio de perguntar ao professor. Já a interação

---

<sup>5</sup> O termo “ausência” é usado aqui para expressar o fato de o aluno não ter a companhia dos colegas em um mesmo espaço e no mesmo tempo, embora tal ausência tenha uma ideia diferente em um ambiente voltado à EaD.

entre professor-aluno foi importante no sentido de regular a ação do professor, pois com o auxílio dos recursos presentes no AVA, a comunicação ganhou destaque e possibilitou o reconhecimento de algumas dificuldades e evoluções.

Sistematizando o conteúdo das entrevistas, observamos que o aluno 1 apresentou uma postura mais individualista quanto a sua participação; quando foi perguntado se pedia a ajuda ou estudava com algum colega, afirmou:

*Respondia só a minha, não olhava a dos outros. Eu lia o material e assistia os vídeos e não me preocupava com o que os outros escreviam. Acho que facilita a interação entre os colegas, mas como eu fiz um curso para mim mesmo, não usei muito [portfólio] (Aluno 1).*

Na opinião do aluno 3, a ferramenta “correio” desempenhou um papel importante em seu processo de aprendizagem:

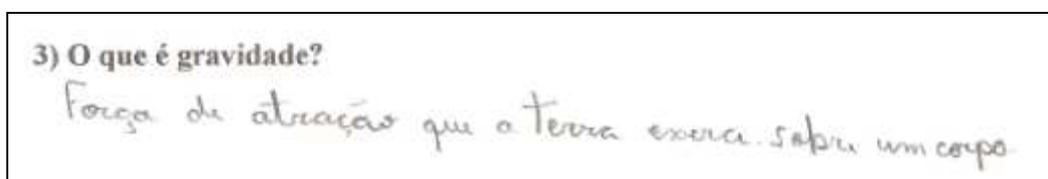
*Eu perguntei para eles [colegas] por e-mail. Eu acho que o e-mail foi útil. Eu usei quando não conseguia achar mesmo algumas coisas mais difíceis. Aconteceu de eu ver que a minha resposta tava bem diferente dos outros e aí eu pesquisei outra vez. Então ajudou muito. Não fiz o trabalho (em grupo), ninguém entrou em contato (Aluno 3).*

O aluno 4, que em outro momento relatou ser importante a participação de todos os envolvidos, afirmou que a interação mais importante ocorre entre professor-aluno, já que compreendeu melhor as atividades nas quais recebia orientação da formadora:

*Eu acho que tem que ter a interação de todo mundo. Teve uma vez que você explicou para mim sozinha na sala e eu achei melhor (Aluno 4).*

Assim, há indícios de que as situações propostas para a compreensão dos significados dos conceitos gravidade e luz impactaram os estudantes, levando-os a desenvolverem seu repertório de esquemas com a utilização de elementos presentes nos textos, vídeos e simuladores para expressar suas compreensões.

Exemplificando, apresentamos falas dos estudantes e uma breve análise utilizando a TCC. A Fig. 3 apresenta a resposta fornecida pelo aluno 1 no questionário inicial sobre sua concepção a respeito da gravidade.



*Fig. 3 – Resposta do Aluno 1. Fonte: Dados da Pesquisa.*

Após o curso, durante a entrevista, o aluno 1 apresenta uma versão reformulada do mesmo conceito, apresentando diversos conceitos, como: massa, distância, sistema de forças, força gravitacional, proporcionalidade.

*Lembro do simulador da gravidade, se não me engano, tinha duas esferas, [em que] podia mudar o tamanho das esferas, a massa e tinha uma régua embaixo para mudar a distância (...) aumentando a massa do sistema a força gravitacional aumenta. É diretamente proporcional. Se diminuir, aí ela diminui. Se dobrar, também dobra, porque é diretamente proporcional (Aluno 1).*

Assim, a atividade realizada com o simulador parece ter ajudado o aluno a se expressar melhor, e utilizando termos que antes não tinham aparecido na resposta ao questionário inicial. No mesmo trecho o aluno 1 emite outra definição para a gravidade.

*É uma força de atração que um corpo exerce sobre outro (Aluno 1).*

Nessa resposta, o Aluno 1 acrescenta a validade da Lei da Gravitação Universal para todos os corpos. A palavra “sobre” nesse contexto parece ganhar outro significado, já que ele não elege nenhum “corpo” em especial para ser o detentor da força.

A partir dos dados obtidos na entrevista e no AVA, sintetizamos na Tabela 3 o avanço da compreensão teórica dos alunos em relação à conceitualização no CC da Astronomia, e sistematizando elementos do desenvolvimento dos repertórios de esquemas dos alunos, identificamos, nas falas registradas nas entrevistas, indícios de que eles haviam se aproximado de Ideias Cientificamente Aceitas (ICA). Essas concepções foram consideradas no momento do planejamento das atividades e após a escolha dos tópicos relacionados aos conceitos de gravidade e luz (Fig. 1).

Tabela 3 – Aproximação com as Concepções Científicas.

<b>Ideias Cientificamente Aceitas</b>	<b>Alunos que se aproximaram das ideias cientificamente aceitas</b>
<b>Gravidade</b>	
Para que ocorra a formação de uma estrela, é necessário que haja atração gravitacional.	Aluno 1, Aluno 4, Aluno 8.
O módulo da força gravitacional tem relação com as massas dos corpos que se atraem.	Aluno 1, Aluno 2, Aluno 3, Aluno 4, Aluno 6, Aluno 8, Aluno 9.
Os foguetes precisam vencer a energia potencial gravitacional para ir ao espaço ou precisam entrar em órbita para lançar satélites e colocá-los em rotação ao redor da Terra.	Aluno 1, Aluno 2, Aluno 3, Aluno 4, Aluno 5, Aluno 6, Aluno 8.
A Relatividade Geral descreve a gravidade como uma deformação no espaço – tempo.	Nenhum aluno.
O modelo padrão que explica a origem do universo e é o modelo mais aceito atualmente, descreve como se comportam as forças fundamentais, dentre elas, a gravitacional.	Nenhum aluno.
A Lei da Gravitação Universal nos possibilita atribuir uma força de atração entre o Sol e os planetas.	Aluno 2, Aluno 4, Aluno 8.

As galáxias são formadas por estrelas, que por sua vez se formam por atração gravitacional de nuvens de gás.	Aluno 1, Aluno 2, Aluno 4, Aluno 8.
<b>Luz</b>	
Como consequência do processo de produção de energia e do plasma, as estrelas são fontes de luz.	Aluno 2, Aluno 4, Aluno 8.
Os fótons são partículas elementares mediadoras da força eletromagnética.	Aluno 8.
Muitos dispositivos ópticos usados em astronomia analisam a luz das estrelas para determinar suas características.	Aluno 4, Aluno 8.
Analisando espectros é possível conhecer as características das estrelas.	Aluno 8.
As estrelas produzem outras radiações além da radiação de onda visível.	Aluno 8.
Existem diferentes telescópios que observam outras faixas de frequência além da luz visível.	Aluno 8.

Fonte: Dados da Pesquisa

Considerando que, “são os esquemas de ação que dão sentido às situações e que os invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) são ingredientes essenciais dos esquemas e constituem sua base conceitual implícita ou explícita” (SOUZA; FÁVERO, 2002, p.73), há forte indícios de que o aluno 8 foi o que apresentou invariantes operatórios próximos do conhecimento cientificamente aceito. Os alunos 1 e 2 também explicitaram um número maior de invariantes que os demais.

Na Tabela 4 apresentamos a síntese das análises realizadas a partir dos dados obtidos, e classificadas de três formas: quanto à facilidade de acesso à informações, devido aos recursos do AVA (categoria RA); quanto à interação (IA) e quanto à utilização de recursos tecnológicos como facilitadores (UR). Nela podem ser observadas algumas características que indicam que as TIC foram importantes em todo o processo de ensino e aprendizagem no CC da Astronomia.

Tabela 4 – Categorias de análise.

<b>Categoria</b>	<b>Características</b>	<b>Resultados</b>
<b>Recursos do AVA (RA)</b>	Indica como os alunos avaliam a utilização de recursos presentes na plataforma TelEduc e suas relações com tais recursos.	<p>1) Os alunos têm preferência por recursos “não estáticos” quando se encontram em atividades realizadas no computador. Esses recursos fornecem elementos mais objetivos para a situação em desenvolvimento, favorecendo compreensões superficiais, entretanto, de caráter investigativo, estimulando a continuidade na realização das tarefas.</p> <p>2) A ferramenta bate-papo é um recurso do AVA que proporciona a mediação da comunicação entre os participantes. Do ponto de vista da TCC, é uma ferramenta que favorece momentos de regulação cognitiva dos alunos na atividade a ser desenvolvida.</p> <p>3) O portfólio apresentou contribuições de forma parecida com o bate-papo. A diferença está na forma assíncrona de postagens,</p>

		que oferece ao aluno mais tempo para pensar e elaborar melhor suas respostas.
<b>Interações no AVA (IA)</b>	Retrata as impressões dos alunos quanto às contribuições fornecidas e recebidas por eles no ambiente.	<p>1) Interação para os alunos é a comunicação feita com o professor, no esclarecimento de dúvidas técnicas ou específicas do conteúdo estudado e na regulação de suas respostas, fornecendo-lhes novos questionamentos. Isso proporciona a eles a oportunidade de rever suas afirmações e julgar se estão corretos em suas compreensões.</p> <p>2) A importância da interação com os colegas foi identificada apenas na atividade em grupo. Em outras atividades, como as realizadas no fórum de discussões, a interação aluno-aluno foi muito baixa e não foi citada pelos alunos nas entrevistas.</p> <p>3) As interações contribuem para a evolução da aprendizagem no CC da Astronomia, quando são do tipo professor-aluno. Não foi possível concluir se a evolução acontece na interação aluno-aluno, pois as situações elaboradas deveriam ter dado maior ênfase às atividades no fórum de discussão.</p>
<b>Explicação dos fenômenos com Uso de Recursos (UR)</b>	Uso de recursos como simulações, animações e vídeos como suporte à explicação de fenômenos ou processos.	<p>1) Os recursos possibilitam o aumento do repertório de esquemas de ação. Especificamente sobre os conceitos gravidade e luz, os trechos analisados demonstram que à medida que entram em contato com diferentes recursos, sejam eles textos, simulações, discussões no fórum, os alunos adquirem novos elementos que poderão ser utilizados por eles para explicar o fenômeno em questão.</p> <p>2) Os recursos favorecem as discussões sobre um conceito, especialmente os simuladores que levam o aluno a experimentar de forma mais direta a influência das diversas grandezas em processos e fenômenos.</p> <p>3) Os recursos constituem uma forma de representação, pois os alunos conseguem expressar leis e teorias com o auxílio das diferentes linguagens presentes nesses recursos. Essas linguagens são, por exemplo, as imagens, os movimentos adquiridos pelos objetos dependendo dos valores inseridos, a dinâmica aplicada ao movimento das animações.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa

## VI. Considerações finais

Este trabalho caracterizou a Astronomia como um CC e apresentou uma análise de como as Situações, contemplando as ideias de variedade e história, podem contribuir para o aumento do repertório de esquemas dos estudantes.

Nos temas trabalhados, verificamos que quanto maior é o número de situações com as quais os alunos se confrontam, melhor elaboradas serão suas explicações sobre determinados conceitos. Neste caso analisado e, devido à complexidade conceitual deste tópico, acreditamos

que um número maior de atividades é necessário para o entendimento da Gravidade na concepção relativística, pois nenhum dos alunos mencionou esta definição (Tabela 3). Nesse estudo, a maior parte dos estudantes demonstrou possuir uma compreensão simplificada sobre esse conceito, relacionando corretamente a massa e a distância, fato que vai ao encontro de outras pesquisas já realizadas (NEVES; SAVI, 2002; LANGHI, 2011).

Já sobre o conceito de Luz, recaíram sobre esta pesquisa as inconveniências de término do bimestre letivo, que fizeram com que nem todos os estudantes cumprissem as atividades finais, pois parte deles já havia sido aprovada. Ao observar a Tabela 3, é possível notar que poucos estudantes alcançaram as ICA sobre o conceito de luz. O aluno 8 novamente se destacou no cumprimento das atividades, e este fato foi verificado a partir da análise das suas expressões, que se aproximaram das ICA.

Este estudo também evidenciou que as TIC podem constituir-se em grandes aliadas dos professores, pois além de fazerem parte do cotidiano dos estudantes, de serem um novo mecanismo para a comunicação entre eles, oferecem recursos que apresentam familiaridade com o contexto cotidiano desses alunos. A visualização de fenômenos físicos de forma dinâmica, aliada à atuação do professor, pode contribuir e facilitar a expressão dos estudantes. E é justamente a partir dessas novas formas de expressão que se pode avaliar como evoluem conceitos e teoremas-em-ação.

À guisa de conclusão, enfatizamos que a TCC se mostrou um referencial teórico com potencialidades que ainda precisam ser exploradas em outras especificidades temáticas e contextos, mas que é especialmente rica para o planejamento de atividades didáticas, assim como também enfatizado por Carvalho Júnior e Aguiar Júnior (2008).

Dessa forma, foram observadas algumas contribuições dos recursos tecnológicos para a compreensão do CC da Astronomia, pois:

- 1) possibilitaram o aumento do repertório de esquemas;
- 2) favoreceram as discussões sobre um conceito, especialmente os simuladores que levam o aluno a experimentar de forma mais direta a influência das diversas grandezas em processos e fenômenos;
- 3) constituíram-se em uma forma de representação, pois os alunos conseguem expressar leis e teorias com o auxílio das diferentes linguagens presentes nos recursos.

Essas linguagens são, por exemplo, as imagens, os movimentos adquiridos pelos objetos dependendo dos valores inseridos, a dinâmica aplicada ao movimento das animações.

A partir dessas considerações, a TCC se apresenta também como fundamentação para o planejamento didático, visto que os conceitos passam a ser os norteadores das situações propostas e são discutidos ao longo de diversas etapas em todo processo de ensino e aprendizagem. Conjuntamente, as TIC podem contribuir com outras formas de comunicação e representação do conhecimento e dos conceitos científicos visando aprendizagens mais significativas por parte dos estudantes.

## Referências

- ALMEIDA, M. E. B. Currículo e narrativas digitais em tempos de ubiquidade: criação e integração entre contextos de aprendizagem. **Revista Educação Pública**, Cuiabá, v. 25, n. 59/2, p. 526-546, maio/ago. 2016. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/3833>>. Acesso em: 30 jan. 2017.
- ALMEIDA, M. E. B.; VALENTE, J. A. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 17, n. 52, p. 455-478, abr./jun. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7213/1981-416X.17.052.DS07>>. Acesso em: 18 jul. 2017.
- ANDRADE, M. E. Uso da ferramenta Modellus no ensino de física: uma abordagem à luz da teoria dos campos conceituais. **Informática na Educação: Teoria e prática**. v. 18, n. 1, Porto Alegre, jan/jun 2015.
- ARRIASSECQ, I.; GRECA, I. M. Introducción de la teoría de la relatividad especial em el nivel medio/polimodal de enseñanza: identificación de teoremas-en-acto y determinación de objetivos-obstáculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, 2006.
- BIZZO, N. O ensino de ciências e a EAD. In **Educação a distância: o estado da arte**. LITTO, F. M.; FORMIGA, M. M. M. (Org.). São Paulo: Pearson Editora, 2009. p.188-195.
- BRAGA, M. M.; TEIXEIRA, R. M. R. Relato de uma experiência didática envolvendo o tratamento do eletromagnetismo no ensino médio com um enfoque conceitual. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 1, n. 2, p. 30-35, 2006.
- CANIATO, R. **O Céu**. Campinas: Editora Átomo, 2011.
- CARVALHO JÚNIOR, G.D. **Trajетórias de aprendizagem de alunos do ensino médio: produção de significados em um curso introdutório de física térmica**. 2005. 265f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CARVALHO JÚNIOR, G. D.; AGUIAR JÚNIOR, O. G. Os Campos Conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, p. 207-227, ago. 2008.
- COSTA, F. A. O potencial transformador das TIC e a formação de professores e educadores. In: ALMEIDA, M. E. B.; DIAS, P.; SILVA, B. D. (Orgs.). **Cenários de inovação para educação na sociedade digital**. São Paulo: Loyola, 2013. p. 47-74.
- FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. Resolução de problemas em Física: revisão de pesquisa, análise psicológica e proposta metodológica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 2,

p. 143-196, 2001.

GILTIRANA, V.; GOMES, A. S.; LINS, W. C. B. Formação continuada do professor de matemática para uso de softwares educacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, XII, 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2004.

JONASSEN, D. **Computadores, ferramentas cognitivas: desenvolver o pensamento crítico nas escolas**. Porto: Editora Porto, 2007.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2010.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru.

LANGHI, R. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis v. 28, n. 2, p. 373-399, ago. 2011.

LEÃO, L. **O labirinto da hipermídia: arquitetura e navegação no ciberespaço**. 3. ed. São Paulo: FAPESP/Iluminuras, 2005.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Tradução: Carlos Irineu da Costa. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2000.

MARCUSSO, N, T. EAD e tecnologia no ensino médio. In: **Educação a distância: o estado da arte**. LITTO, F. M.; FORMIGA, M. M. M. (Orgs.) São Paulo: Pearson Editora, 2009. p.172-177.

MARTINS, C. A. G. **O uso de simuladores computacionais nos processos de ensino aprendizagem de eletricidade: um estudo com alunos da terceira série do ensino médio**. 2008. 120f. Profissionalizante. Centro Universitário Franciscano: Biblioteca Central da UFPE.

MILL, D. **Educação a distância e trabalho docente virtual: sobre tecnologia, espaços, tempo, coletividade e relações sociais de sexo da idade média**. 2006. 322p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, n. 37, mar. 1999.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciência**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2002.

MOTA, A. T.; GARCIA, G. M.; FERREIRA, L. Um curso de astronomia para estudantes do ensino médio: uma análise da contribuição das tecnologias de informação e comunicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA, 14, 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2014.

NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A. A sobrevivência do alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de Física. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 6, n. 1, 2002.

NOGUEIRA, C. M. I.; REZENDE, V. A teoria dos campos conceituais no ensino de números irracionais: implicações da teoria piagetiana no ensino de matemática. **Schème: Revista eletrônica de psicologia e epistemologia genéticas**, Marília, v. 6, n. 1, 2014.

OKADA, A. Colearn 2.0 – Coaprendizagem via comunidades abertas de pesquisa, práticas e recursos educacionais. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 1-15, abr. 2011. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5813/4128>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

PERCY, J. R. Astronomy Education: na international perspective. In: IAU Colloquium 162, University College London and Open University. *New Trends in Astronomy Teaching*, 1996. **Proceedings...** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998.

PIAGET, J. Development and learning. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 2, n. 3, p. 176-186, 1964.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. Rio de Janeiro: Difel, 1978.

PLAISANCE, E.; VERGNAUD, G. **As Ciências da Educação**. São Paulo: Edições Loyola, 2003.

REIS, M. R. Utilização de um modelo pedagógico digital para a formação de um modelo mental em ensino de física moderna em um curso técnico. **Revista de Medios y Educacion**, n. 43, La Rioja, 2013.

REZENDE JR., M. F. **O processo de conceitualização na formação inicial de professores de Física**. 2006. 250f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro de Ciências Física e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RICARDO, E. J. **Professores autores na Educação a Distância em tempos de cibercultura**. 2012. 310 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://portal.estacio.br/media/4083208/eleonora%20jorge%20ricardo.pdf>> Acesso em: 12 mar. 2014.

RODRIGUES, A. **Narrativas digitais, autoria e currículo na formação de professores mediada pelas tecnologias: uma narrativa-tese**. 2017. 274 f. Tese (Doutorado em Educação: Currículo) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/20196>>. Acesso em: 13 set. 2017.

SHARPLES, M. Learning as Conversation: Transforming Education in the Mobile Age. In: CONFERENCE ON SEEING, UNDERSTANDING, LEARNING IN THE MOBILE AGE, 2005, Budapest, Hungary. **Proceedings...** Disponível em: <[www.hunfi.hu/mobil/2005/Sharples\\_final.pdf](http://www.hunfi.hu/mobil/2005/Sharples_final.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2014.

SHARPLES, M.; TAYLOR, J.; VAVOULA, G. **Towards a Theory of Mobile Learning**. 2005. Disponível em: <[www.mlearning.org/mlearning2005/CD/papers/Sharples-TheoryofMobile.pdf](http://www.mlearning.org/mlearning2005/CD/papers/Sharples-TheoryofMobile.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2014.

SOUZA, C. M. S. G.; FÁVERO, M. H. Análise de uma situação de resolução de problemas em Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2002.

TELLA, S. **An uneasy alliance of media education and multiculturalism with a view to foreign language learning methodology**. University of Helsinki, Department of teacher education: OLE Publications 4, p. 41-46, 1997.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. Narrativas digitais e o estudo de contextos de aprendizagem. **Revista de Educação a Distância – Em Rede**, v. 1, n. 1, p. 32-50, 2014.

VALENTE, J. A.; PRADO, M. E. B. B.; ALMEIDA, M. E. B. (Orgs.). **Educação a distância via internet**. São Paulo: Avercamp, 2003.

VANIEL, B. V.; HECKLER, V.; ARAÚJO, R. R. Investigando a inserção das TIC e suas ferramentas no ensino de física: estudo de caso de um curso de formação de professores. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Anais...** Manaus, 2011.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T.; MOSER, J.; ROMBERG, T. **Addition and subtraction: a cognitive perspective**. Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum. p. 39-59, 1982.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H.; CONFREY, J. (Eds.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**. Albany, N.Y.: State University of New York Press. p. 41-59, 1994.

VERGNAUD, G. A teoria dos campos conceituais. In: BRUN, J. (dir.). **Didáctica das matemáticas**. Tradução: Maria José Figueiredo. Lisboa: INSTITUTO PIAGET, p. 155-191, 1996a.

VERGNAUD, G. Au fond de l'action, la conceptualisation. In: BARBIER, J. M. (Dir.), **Savoirs théoriques, savoirs d'action**. Paris: PUF, 1996b. p. 275-292.

VERGNAUD, G. O que é aprender? In: BITTAR, M.; MUNIZ, C. A. (Org). **A aprendizagem**

**Matemática na perspectiva da teoria dos campos conceituais.** Curitiba: Editora CRV, 2009.

**VYGOTSKY, L. S. A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo: Editora Martins Fontes, 2001.