

Tau Zero: Aspectos linguísticos quanto à utilização de um romance de ficção científica no ensino de teoria da relatividade.

Tau Zero: Linguistic aspects about the use of a science fiction novel in the teaching of theory of relativity.

Emerson Ferreira Gomes. Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP. *emersonfg@usp.br*

Luís Paulo de Carvalho Piassi. EACH-USP/ Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP. *lppiassi@usp.br*

Resumo

A utilização da ficção científica para fins didáticos no Ensino de Ciências vem sido debatida em alguns trabalhos e publicações da área. Neste trabalho pretendemos contribuir com a pesquisa nesse tema, aplicando-a ao ensino de Teoria da Relatividade. Neste trabalho, analisaremos o romance de ficção científica “Tau Zero”, escrita pelo romancista e físico de formação Poul Anderson. Essa obra, publicada originalmente em 1970, explora os conceitos relativos de espaço, tempo e massa, numa narrativa folhetinesca que permite a discussão de aspectos conceituais, sociais e epistemológicos inerentes ao saber científico. Como referencial de análise da obra ficcional, utilizaremos a semiótica estruturalista de A.J. Greimas, que possibilita interpretar o percurso narrativo do texto e identifica no texto do romance, valores utópicos e distópicos ao papel da ciência na sociedade.

Palavras-chave: Ensino de Física, Teoria da Relatividade, Ficção Científica, Semiótica.

Abstract

The use of science fiction for teaching purposes in Science Teaching has been debated in some studies and publications in the area. In this work we intend to contribute to these researches, applying it to teaching the theory of relativity. In this work, we will analyze the science-fiction novel "Tau Zero" written by novelist and physicist Poul Anderson. This novel, originally published in 1970, explores the concepts of space, time and mass, in a narrative that allows the discussion of conceptual, social and epistemological aspects inherent to scientific knowledge. To analyze the fictional work, we will use the semiotics of A.J. Greimas, which allows to interpret the course of the narrative text and identifies in the text of the novel, utopian and dystopian values of science in society.

Key words: Physics Teaching, Theory of Relativity, Science Fiction, Semiotics.

Introdução

Dentro da área Ensino de Ciências identificamos diversos trabalhos que defendem a utilização de obras literárias no contexto de ensino-aprendizagem¹. Neste trabalho pretendemos contribuir com o diálogo entre a literatura e o ensino de ciências, especificamente na utilização do gênero de Ficção Científica no ensino de Teoria Especial da Relatividade (TER).

No caso desta pesquisa analisamos o livro “Tau Zero”, escrita pelo romancista, e físico de formação, Poul Anderson (1926-2001). Esta obra está inserida no gênero de ficção científica denominado *hard science fiction*, que segundo L. David Allen (1976, p. 21), que se caracteriza por pressupor “a existência de um universo ordenado, cujas leis são constantes e passíveis de descoberta”, indicando como os conceitos e fenômenos inerentes às “ciências exatas ou físicas” são emulados ou extrapolados na narrativa. No caso desse romance, a TER pauta cientificamente o discurso da obra literária, construindo uma narrativa em que os conceitos e fenômenos relativísticos de espaço, tempo e massa possuem diferentes abordagens no decorrer do texto.

Para a análise do texto ficcional, utilizamos a semiótica estruturalista de Algirdas Julien Greimas (1917-1992), que identifica o percurso gerativo de sentido no texto, procurando estabelecer relações sintáticas no interior do texto. Tal análise permitiu refletir sobre o objeto de valor enunciado à TER na narrativa ficcional, assim como nortear para possíveis aplicações desse romance de ficção científica em sala de aula.

Por que a Literatura para ensinar Teoria da Relatividade?

O elemento motivador de nosso trabalho surge a partir das possibilidades da inserção da física moderna no ensino de física, assim como a possibilidade da interface entre Física e Literatura em sala de aula. Dessa forma a Teoria da Relatividade se configura como uma teoria da física moderna que permite essa pesquisa por conta: de seu diálogo histórico com a teoria da relatividade; do entendimento da TER como um fenômeno cultural; e da necessidade de novos recursos para o ensino de TER. Tais hipóteses estão baseadas em levantamento bibliográficos de obras relacionadas à área de Ensino de Ciências, como descreveremos a seguir.

O diálogo histórico entre a Teoria da Relatividade e a Literatura:

Podemos encontrar em encontrar no levantamento bibliográfico realizado nesta pesquisa duas vertentes quanto à influência da TER na Literatura.

Numa primeira vertente, identificamos trabalhos que defendem que a Teoria da Relatividade influenciou de forma explícita algumas obras literárias do início do século XX, como é caso de do físico e romancista Alan Lightman que afirma que essa teoria “infiltrou em nossa cultura” e que sua “influência na literatura é um exemplo disso” (LIGHTMAN, 2000). Já Friedman cita o caso de algumas obras de autores célebres da literatura modernista, como Vladimir Nabokov (1899-1977) e Lawrence Durrell (1912-1990), em que as concepções relativísticas de espaço e tempo aparecem nos diálogos dos personagens (FRIEDMAN, 1973, p. 306).

¹ Temos encontrados trabalhos que refletem sobre: a possibilidade de utilizar obras literárias como recurso paradigmático ao ensino de ciências (SILVA e ALMEIDA, 1998); o diálogo histórico entre a literatura e a ciência, utilizando-o como recurso pedagógico em situações de ensino-aprendizagem (ZANETIC, 2006a); assim como outros trabalhos defendem a utilização de diversos gêneros literários como ficção científica (PIASSI, 2007), literatura infanto-juvenil (LISINGER, 2008) e romances (GOMES, 2011).

No entanto, essas visões são questionadas por alguns estudiosos da interface arte-ciência como Stephen Wilson (2009, p. 495), que defende que a “visão agora preferida enfatiza a influência de um *ethos* comum da época”, possibilitando assim esse diálogo. Nessa mesma linha de pensamento, Thomas Vargish e Delo E. Mook – o primeiro professor de literatura e o segundo físico e astrônomo – identificam algumas “características comuns” entre a TER e as narrativas do início do século XX. Tais similaridades ocorrem a partir da contextualização, observação e abstração, indicando a “ruptura com os padrões absolutos” e promovendo novas “representações da realidade”. Dessa forma o “tempo geométrico” em “No caminho de Swann” de Marcel Proust (1871-1922), e o “tempo afetivo” em “Dublinenses” de James Joyce (1882-1941), transformam o leitor num observador de “múltiplas perspectivas” (VARGISH e MOOK, 1999, p. 92).

Sem dúvida o debate sobre a influência da TER sobre a literatura do início do século XX, é importante para refletir sobre a intersecção entre essas duas culturas, no entanto, acreditamos que independente da posição ideológica quanto a esse diálogo, concordamos com João Zanetic (2006a, p. 55) que entende a aproximação entre ciência e literatura como uma “forma útil de interpretar o mundo” e ao refletirmos sobre aspectos culturais da Física que Zanetic defende, somos levados ao próximo ponto: o valor cultural representado pela TER.

O entendimento da TER como um fenômeno cultural

A TER não é restrita apenas às comunidades e publicações científicas, seus conceitos e fenômenos aparecem para justificar paradoxos espaciais e temporais em livros e filmes de ficção, assim como a imagem de seu principal interlocutor é utilizada para idealizar e personificar cientistas.

Para o escritor de ficção científica Arthur C. Clarke “é difícil imaginar o mundo como conhecemos hoje sem a influência de Einstein” e a marca do físico alemão não se restringe “apenas no âmbito das grandes ideias”, mas principalmente “na natureza do tempo, no destino do universo e na velocidade da luz” (CLARKE, 2005, p. 235).

O físico português e divulgador da ciência Carlos Fiolhais relata que a famosa foto de Albert Einstein mostrando a língua, estampada em “posters e T-shirts” foi tirada por um fotógrafo na festa de comemoração dos 72 anos do físico alemão. Ao solicitar um sorriso, “o professor, em vez de sorrir, lançou-se divertidamente a língua de fora” (FIOLHAIS, 2005, p.12). Fiolhais destaca ainda que, além da publicidade, “o teatro e o cinema têm ajudado a propagar a imagem de Einstein com a língua de fora” (FIOLHAIS, 2005, p. 12). A imagem de Einstein, conforme afirma o divulgador da ciência Fred Jerome, o transformou num “ícone cultural” e sua mitologia ajudou ao “público em geral adquirir certa simpatia a outros cientistas, assim como à própria ciência” (JEROME, 2004, p. 631).

Há de se notar ainda que a teoria e seu interlocutor aparecem em diversos produtos da cultura de massa, seja em seriados de TV como *Os Simpsons* (HALPERN, 2009, p. 80), histórias de quadrinhos de super-heróis (KAKALIOS, 2005, p. 72), ou ratificando conceitualmente paradoxos temporais no cinema (GOMES, 2011, p. 39).

Desta forma acreditamos que a presença da TER nos meios da cultura *pop* aguça certa curiosidade aos estudantes, afinal alguns aspectos teóricos decorrentes dos postulados *esteinianos*, estão muito próximos da fantasia e da ficção científica. Entretanto não observamos recursos didáticos que dão uma atenção especial à TER. O que nos leva ao próximo ponto.

A necessidade de novos recursos para o ensino de TER:

Ao analisar alguns trabalhos apresentados em eventos da área (RODRIGUES e PIETROCOLA, 1999; GROCH e BEZERRA JÚNIOR, 2009; OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2011) verificamos que, apesar de um discreto crescimento, a presença da TER em livros didáticos é pequena se comparada com outros tópicos da Física. Há de se ressaltar ainda que alguns artigos indicam que quando abordado, o assunto é tratado com “omissões ou imprecisões” (OSTERMANN e RICCI, 2002, p. 185), com equívocos conceituais (PÉREZ e SOLBES, 2003, p. 144) ou de forma simplificada (MONTEIRO e NARDI, 2008, p. 8).

Apesar da crescente abordagem da TER em recursos didáticos como livros didáticos e paradidáticos, tal abordagem da teoria aplica-se apenas à esfera conceitual da teoria. Entretanto, acreditamos que os valores culturais e sua dimensão histórica, social e filosófica devem ser levados em conta ao tratar esse tema. O que nos leva aos trabalhos que apontam a necessidade de inovação educacional no ensino da TER, indicando a possibilidade da realização do debate conceitual (KARAM, CRUZ e COIMBRA, 2007), a utilização do lúdico (CARUSO e FREITAS, 2009), da criação artística (KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2005) ou da reflexão social, histórica ou filosófica (GUERRA, BRAGA e REIS, 2007; ABIKO, 2005; ARRIASSECQ e GRECA, 2006) no espaço de sala de aula.

Dentro das pesquisas sobre a presença da História e Filosofia da Ciência no ensino de TER, verificamos alguns estudos que mostram a importância dos aspectos históricos que nortearam a construção da teoria, assim como também a importância de outros cientistas, além de Einstein, para a consolidação da teoria, evidenciando dessa forma que a Ciência não é construída através de precursores e pais da ciência.

Quanto à presença do lúdico no ensino de Teoria de Relatividade, podemos refletir que a própria teoria aborda fenômenos que a um primeiro olhar podem parecer de natureza fantasiosa. Num nível epistemológico, essa descontinuidade entre realidade e ficção, é evidenciada ao primeiro olhar do estudante quando entra em contato com a TER, e por conta disso, acreditamos que a literatura permite a reflexão sobre a natureza do conhecimento científico.

No caso da utilização da literatura de ficção científica, acreditamos que seu potencial de imersão na narrativa, pautado pelo discurso científico, possibilita integrar os conceitos, os aspectos epistemológico-filosóficos e as esferas sócio-históricas que norteiam a TER no processo de ensino-aprendizagem, o que nos leva ao seguinte ponto: refletir sobre como o romance de ficção de científica pode contribuir para o ensino de Teoria da Relatividade.

A ficção científica no ensino de ciências e a obra “Tau Zero”

Temos encontrado diversos trabalhos que defendem a utilização da ficção científica no ensino de ciências. Dentre suas diferentes modalidades, como cinema, literatura e quadrinhos, alguns autores argumentam que a ficção científica: possibilita uma “rica experiência pedagógica”, possibilitando a “problematização de obstáculos epistemológicos” que tangem o ensino de ciências (ZANETIC, 2006b, pág. 53); pode ser utilizada para “desmistificar” a ciência no seu “contexto social e cultural” (BRAKE e THORNTON, 2003, p. 35); “ajuda a criar conflitos cognitivos” ao evidenciar os conceitos físicos nas narrativas (MARTIN-DIAZ *et al.*, 1992, p. 22); auxilia o educador a desenvolver, de forma crítica, uma reflexão sobre questões ambientais (MACHADO, 2008, p. 286); constitui um discurso social sobre a ciência, apresentando além dos conceitos científicos, questões socioculturais que tangem o conhecimento científico (PIASSI e PIETROCOLA, 2009, p. 537) e contribui para discutir

aspectos éticos, inserindo em debates inerentes à ciência contemporânea (GOMES-MALUF e SOUZA, 2008, p. 280).

Para L. David Allen (1976, p. 22), uma das formas de classificar a ficção científica é o modo como o conhecimento científico é “projetado logicamente” na obra, se esse conhecimento estiver relacionado aos “próximos passos” da ciência, classifica as histórias como extrapolativas, e se houver alguma “dificuldade em projetar o desenvolvimento lógico” de uma determinada ciência, as ficções são denominadas especulativas. Já Umberto Eco (1989, p. 169) afirma que a ficção científica se constitui como “um gênero autônomo quando a especulação contrafactual de um mundo estruturalmente possível é conduzida extrapolando algumas linhas de tendência do mundo real” e que de certa forma a ficção científica demonstra o “artístico na descoberta científica” (ECO, 1989 p. 172). Para Piassi (2007, p. 102) o contrafactual pressupõe “um processo de derivação delimitada pela racionalidade lógico-casual”. No caso da ficção científica o contrafactual, ou seja, o estranhamento gerado por conta da relação causa e efeito, é pautado no conhecimento científico.

Em nosso intuito educacional, a ficção científica não apenas está direcionada à extrapolação ou emulação dos conceitos científicos, mas também promove uma experiência do contrafactual através do discurso científico e estabelece possibilidades de investigação das consequências dos conceitos e dos fenômenos da natureza. Dessa forma, não apenas o fato dos conceitos científicos estarem explícitos na narrativa é importante para sua leitura no espaço escolar, mas a forma como a ciência e a sociedade são descritas na narrativa.

Diversos romancistas de ficção científica se valem dos conceitos da TER para construir suas narrativas, podemos citar as obras “Os Despossuídos” de Ursula K. Le Guin, publicada em 1974, “O Orador dos Mortos” de Orson Scott Card, publicado em 1986 e “Nemesis” de Isaac Asimov, publicada em 1989, entre muitas outras. No entanto em tais obras, a construção contrafactual é pautada em diferentes hipóteses científicas, sendo que a os fenômenos relativísticos são tratados de formas superficial, o que não ocorre com “Tau Zero”.

Dessa forma, “Tau Zero”, se configurou como uma obra ideal para explorar as consequências dos fenômenos relativísticos. A narrativa deste romance conta a história de uma expedição de 50 tripulantes ao sistema estelar *Beta Virginis*, distante por volta de 32 anos-luz da Terra, em uma nave espacial que se desloca através de um sistema de aceleração constante. Por conta de um problema em seu sistema de propulsão, a nave espacial atinge velocidades em que são identificáveis os fenômenos relativísticos como dilatação do tempo, contração do espaço e aumento da massa. Tais fenômenos são explicitados de formas distintas na narrativa: antes do acidente com a nave espacial e após o acidente com a nave espacial.

Por se tratar de uma *hard science fiction*, os fenômenos físicos são tratados com certa precisão e detalhamento na narrativa. Quanto à abordagem desses fenômenos, se verifica que os fenômenos da TER se incorporam na narrativa num momento em que a humanidade já desenvolveu uma tecnologia para viagens interestelares em velocidades próximas à da luz. Dessa forma os fenômenos relativísticos são assumidos nessa narrativa, como naturais à sociedade. Sob esse ponto de vista, utilizando os referenciais de Allen (1974, p. 22) e Piassi (2009, p. 532) podemos caracterizar o romance como uma história extrapolativa, pois o conhecimento de uma ciência, no caso da TER, é “projetado logicamente” para o futuro de forma que se caracterize como os possíveis próximos passos dessa ciência (ALLEN, 1974, p. 22). No entanto, num certo sentido, a obra retrata as aspirações da incerteza da sociedade quanto a alguns fenômenos científicos – no caso representado através da colisão da nave espacial com uma nebulosa – podemos associar à obra, de acordo com a definição de Piassi (2009, p. 530), elementos especulativos. Isso demonstra a dificuldade em classificar uma obra

de ficção científica. Por questões metodológicas, e por conta da precisão científica da obra, iremos assumir uma posição crítica de que “Tau Zero” é uma ficção científica extrapolativa.

A correção científica do autor é tão detalhada que está explícito na narrativa a expressão matemática decorrente das transformações de Lorentz, caracterizado no romance como “fator *tau*”.

Um ano após a partida, Leonora Christine estava perto de sua velocidade máxima. Levaria trinta e um anos para cruzar o espaço interestelar e mais um ano para desacelerar quando se aproximasse da estrela-alvo.

Mas isso é uma afirmação incompleta. Ela não leva em conta a relatividade. Precisamente porque há uma velocidade absolutamente limite (na qual a luz viaja no vácuo, assim como neutrinos), há uma interdependência do espaço, tempo, matéria e energia. O fator *tau* introduz as equações. Se v é a velocidade (uniforme) de uma espaçonave, e c a velocidade da luz, então *tau* é igual:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Quanto mais perto v estiver de c , mais perto *tau* estará de zero (ANDERSON, 1983, p. 76-77).

Podemos notar na narrativa a preocupação do autor em detalhar com cautela e precisão os fenômenos do ponto de vista da teoria da relatividade, deixando evidente determinadas características decorrentes dos postulados einsteinianos: que a luz viaja no vácuo, ou seja, não precisa de um meio etéreo de propagação, e que a velocidade v é uniforme, ou seja, estamos tratando explicitamente da Teoria Especial da Relatividade. Há de se complementar ainda que a formação em Física do autor da obra, Poul Anderson, contribui para essa precisão na abordagem dos fenômenos, conforme observa o astrônomo e educador Andrew Fraknoi (2003, p. 112).

Conforme o excerto da obra em análise confirma, o intervalo de tempo que a nave espacial levaria para acelerar até sua velocidade máxima, é o mesmo intervalo de tempo em que a nave espacial levaria para desacelerar para chegar com segurança ao sistema *Beta Virginis*.

A nave entra em rota com uma nebulosa, de forma que seu sistema de desaceleração é danificado. Por conta disso, os tripulantes ficam sujeitos a uma nave espacial que não para de acelerar, ou seja, dessa forma o fator *tau* vai se aproximando cada vez mais de zero, portanto os fenômenos de dilatação do tempo, contração do espaço e aumento da massa acontecerão numa amplitude maior ainda. Dessa forma a contrafactualidade na narrativa passa a existir por conta desses fenômenos.

O autor nessa obra utiliza a Teoria da Relatividade como pressuposto teórico básico para os fenômenos observados na obra. Além disso, os fenômenos são tratados de forma “natural” a seus personagens, ou seja, para os personagens os fenômenos relativísticos são inerentes ao seu cotidiano, não possuindo nenhum caráter de fantástico ou de absurdo. Esse tipo de abordagem é comum na ficção científica, a que L. David Allen (1974, p.237) denomina de “suspensão da incredibilidade”, ou seja, a hipótese científica estabelece um sentido de verossimilhança cotidiana a seus personagens.

A partir da escolha da obra, havia a necessidade de um referencial de análise do texto ficcional. No caso desta pesquisa, optamos pela análise do percurso narrativo, ou seja, a partir de um ponto de vista interno ao texto, a partir da semiótica *greimasiana*.

Uma metodologia de análise

A semiótica, conforme denominação de Greimas e Courtês (2008, pág. 448) é um “sistema de significação” que atua como um conjunto significante que possui uma “articulação interna autônoma”. Para a análise textual, Diana Barros afirma que a semiótica estuda os “procedimentos da organização textual” que examina em primeiro lugar o “plano de conteúdo do texto” (BARROS, 2008, p. 8). O plano do conteúdo elucidado por Barros se relaciona com os fatores internos ao texto, indo nesse mesmo sentido, José Luiz Fiorin argumenta que a semiótica proporciona um “simulacro metodológico das abstrações que o leitor faz ao ler um texto” (FIORIN, 2008, p. 18).

Na área de Ensino de Ciências, temos identificado alguns trabalhos que utilizam a semiótica de Greimas: como ferramenta de análise do discurso científico (LATOURET, 1988); como meio de promover à “acessibilidade da ciência através de divulgação científica” (LOWREY; VENKATESAN, 2008, p. 253); como referencial no processo de ensino-aprendizagem (PIKKARAINEN, 2010); como instrumento de análise em livros didáticos (PIASSI *et al.*, 2009); e para analisar o discurso de professores em cursos de formação continuada (SANTOS *et al.*, 2010). Dessa forma acreditamos que o instrumental fornecido pela análise semiótica *greimasiana* favorece a interpretação do texto do romance de ficção científica, assim como dos próprios objetos de valores inerentes à TER.

A semiótica *greimasiana*

A teoria semiótica de Algirdas Julien Greimas se notabiliza com a publicação da obra “Semântica Estrutural” (1973), sua teoria voltada para a “estrutura interna do texto” (BARROS, 2008, p.7) e relaciona-se com a estrutura textual da narrativa. Essa estrutura está vinculada ao “percurso gerativo do sentido no texto”, que pode ser definido em “três níveis: fundamental, narrativo e discursivo” (FIORIN, 2009, p. 20).

O nível fundamental abriga as bases da construção de um texto, dessa forma os elementos da narrativa possuem categorias semânticas de qualificação opostas: euforia e disforia – representando respectivamente os valores positivo e negativo. Fiorin (2009, p.23) afirma que esses valores são descritos no texto e não são determinados pelo “sistema axiológico do leitor”:

Assim, dois textos podem utilizar-se da categoria da base, /natureza/ versus /civilização/ e valorizar, de maneira distinta esses termos. No texto de um ecologista, a natureza certamente será o termo eufórico e a civilização, o disfórico. Num texto que trate dos perigos da floresta, talvez a situação se inverta. (FIORIN, 2009, pág. 23).

Convém salientar que num texto os termos contrários são unidos através de termos contraditórios, que implicam na negação do termo anterior. No exemplo citado por Fiorin podemos estabelecer a seguinte relação: a intervenção do homem na natureza não indica necessariamente um processo de civilização, e sim um estágio de não-natureza que poderia implicar posteriormente no percurso natureza→não-natureza→civilização. Essa rede pode ser “formalizada através de um quadrado semiótico” (PIETROFORTE, 2007, p. 13).

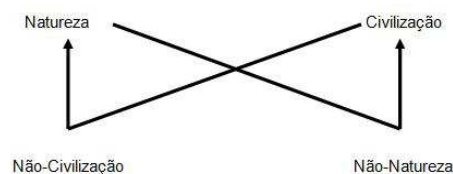


Figura 01: Quadrado semiótico /natureza/ versus /civilização

Sobre o percurso no discurso científico Greimas afirma que esse apresenta uma “aventura cognitiva” em que “torna-se evidente que o objeto-saber é o objetivo do discurso”, ocorrendo na narrativa científica a “transformação de um /não-saber/ em um /saber/” (GREIMAS, 1976, p. 11).

No nível narrativo observa-se a transformação da narrativa, que se estrutura numa sequência canônica, compreendendo-se em quatro fases: “a fase da manipulação, a fase da competência, a fase da performance e a fase da sanção” (FIORIN, 2009, p. 29). A fase da manipulação compreende-se no querer/dever fazer alguma coisa. Nessa situação um sujeito “age sobre o outro” através, “dentre outras inúmeras formas”, da tentação, da intimidação, da sedução ou da provocação (FIORIN, 2009, p.30). Na fase da competência, “o sujeito que vai realizar a transformação central da narrativa é dotado de um saber e/ou poder fazer” (FIORIN, 2009, p.30). Já a fase da performance é a fase em que ocorre a mudança de um estado para outro. A última fase é a sanção em que ocorre a constatação da performance e o “reconhecimento do sujeito que operou a transformação” (FIORIN, 2009, p. 31).

Segundo o linguista Terry Eagleton (2006, p. 157), Greimas traz luz ao conceito de actante, relacionado à “unidade estrutural do texto”, que pode ser denominado em sujeito, objeto, emissor, receptor, ajudante ou adversário. Nas palavras de Greimas e Courtés (2008, p. 20), o actante é “aquele que realiza ou sofre o ato”.

O nível discursivo é caracterizado por formar o processo de enunciação. A enunciação caracteriza a pessoa (actorialização), o tempo (temporalização) e o espaço (espacialização). Este nível possibilita identificar de que forma que o actante interage perante os obstáculos na narrativa, podendo identificar se está no plano da enunciação ou no plano do enunciado. Dessa forma a semiótica considera que a enunciação entre o enunciador e enunciatário, representados respectivamente pelo autor e pelo leitor, a análise de discurso considera a enunciação um fenômeno coletivo, analisando a instância interna ao texto.

Aspectos semióticos de “Tau Zero”

A narrativa de Tau Zero utiliza de forma explícita os conceitos inerentes à TER. Tais fenômenos são explicitados de formas distintas na narrativa: antes do acidente com a nave espacial e após o acidente com a nave espacial. Observemos o trecho a seguir em que o autor descreve essa transformação: “Leonora Christine estava se aproximando do terceiro ano de sua jornada, ou do décimo ano a contar do tempo das estrelas, quando o desastre atingiu” (ANDERSON, 1983, p. 89).

No nível fundamental da narrativa, no momento em que os personagens ainda não foram expostos ao acidente, a transformação de um tempo absoluto em um tempo relativo, adquire as características de disforia para o primeiro e euforia para o segundo. Entretanto, a partir do momento em que o sistema de aceleração é danificado, os personagens atribuem um sentido disfórico para o tempo relativo e eufórico para o tempo absoluto.

Observemos o momento da narrativa em que o autor apresenta os aspectos relativos de espaço, tempo, matéria e energia conceituados pela teoria da relatividade e descreve ainda os paradoxos temporais evidenciados nos fenômenos relativísticos:

Um ano após a partida, Leonora Christine estava perto de sua velocidade máxima. Levaria trinta e um anos para cruzar o espaço interestelar e mais um ano para desacelerar quando se aproximasse da estrela-alvo.

Mas isso é uma afirmação incompleta. Ela não leva em conta a relatividade. Precisamente porque há uma velocidade absolutamente limite (na qual a luz

viaja no vácuo, assim como neutrinos), há uma interdependência do espaço, tempo, matéria e energia

[...]

Além disso, se o observador "estacionário" pudesse comparar os relógios da nave com o seu, veria uma discordância. O interlúdio entre dois eventos (como o nascimento e a morte de um homem) medidos a bordo da nave onde ocorrem, é igual ao interlúdio que o observador mede... multiplicado por tau. Poderíamos dizer que o tempo move-se proporcionalmente mais devagar numa espaçonave (ANDERSON, 1983, p. 76-77).

Podemos identificar nesse trecho que o autor explicita na narrativa o que Greimas (1976, p. 11) interpreta como “percurso do discurso científico”. Dessa forma, o leitor-estudante ao entrar em contato com a Teoria da Relatividade no texto ficcional, passa de um estágio de ignorância a um estágio de não-ignorância, através do detalhamento da TER na narrativa, resultando dessa forma num estágio de conhecimento. Permitindo assim a formalização do seguinte quadrado semiótico:

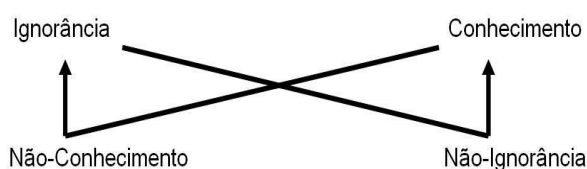


Figura 02: Quadrado semiótico /ignorância/ versus /conhecimento/

A iminência da morte aos passageiros transforma os valores na história, o que no nível discursivo, indica que a espacialidade e a temporalidade da narrativa transformam os actantes. Esses personagens que viam a liberdade, a esperança e a vida na possibilidade de atingir velocidades relativísticas, observam a presença do medo e da repressão perante a morte. Nesse aspecto podemos identificar que num nível narrativo a sequência canônica na tabela abaixo:

| Fase | Capítulos | Narrativa |
|-------------|-----------|---|
| Manipulação | 1 -4 | Os personagens são tentados a buscarem a vida em outros sistemas estelares. |
| Competência | 5-6 | Atingir as velocidades relativísticas, que são calculadas através do fator <i>tau</i> . |
| Performance | 6-7 | A nave espacial atingir essas velocidades.. |
| Sanção | 7 | Constatar a dilatação do tempo |

Quadro 01: Etapas do nível narrativo

Pelo fato da narrativa tratar da possibilidade da humanidade viver em outros sistemas planetários, encontramos no nível fundamental da narrativa o objeto de valor que é a vida, de forma que podemos construir o seguinte quadrado semiótico:

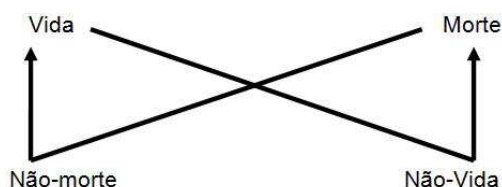


Figura 03: Quadrado semiótico /vida/ versus /morte/

Quando ocorre o acidente com o sistema, os tripulantes estão com suas vidas ameaçadas por conta da alta velocidade da nave espacial, passam para um estágio de não-vida. Se o herói da narrativa conseguir restabelecer as condições iniciais da nave, os personagens que estavam

sujeitos à morte passam para o estágio de não-morte. Esse último estágio possibilita aos tripulantes a conquista de seu objeto de valor.

Quando analisamos os aspectos do nível discursivo do texto percebemos que a narrativa transforma o espaço de liberdade e de sonho, no momento em que tripulantes estão à procura de uma nova vida em outro sistema planetário, em um espaço de autoritarismo e angústia a partir do momento em o sistema de desaceleração da nave para de funcionar e o objeto de valor se transforma no processo de enunciação.

Considerações Finais

A história de Tau Zero possui a característica de tornar a Teoria da Relatividade um fenômeno cotidiano aos seus personagens. Para o físico, professor e autor de ficção científica Gregory Benford – em uma sessão especial da Modern Language Association, transcrita por John Woodcock em 1978 – ressalta a importância de que “Tau Zero” permite aos estudantes identificarem de forma crítica os fenômenos relativísticos e dessa forma se “engajarem” no conhecimento científico (WOODCOK et al, 1978, p. 251).

Apesar da aparente complexidade quanto à abordagem da TER, o seu uso em sala de aula é privilegiado pela narrativa folhetinesca desse romance. Nesse caso, a diversidade de personagens facilita a empatia com o leitor-estudante. A sociedade retratada em “Tau Zero” possibilita a discussão sobre a forma que o desenvolvimento científico e tecnológico pode ao mesmo tempo expandir os limites na natureza, quanto restringir a vida e impor dependências.

Quando levamos um texto de ficção em sala de aula não devemos priorizar a análise superficial de seus fenômenos, restringindo por muitas vezes a apenas discussão dos erros conceituais. Devemos considerar suas transformações externalizadas à sociedade e suas possíveis consequências nas relações humanas.

No caso da Teoria da Relatividade, a sua matemática dificulta a compreensão inicial do estudante com os conceitos e sua reprodução experimental em sala de aula não é possível – exceto através de simulações computacionais. Dessa forma acreditamos que a literatura de ficção científica pode ser uma alternativa para a construção de um espaço dialógico no ambiente escolar e permita a reflexão sobre as novas visões de espaço e tempo que a teoria propõe.

Para que isso ocorra, o professor deve analisar o texto literário e identificar quais valores a narrativa permite em sua interpretação. Portanto, acreditamos que a análise semiótica estruturaliza essa análise e norteia os aspectos conceituais a serem tratados em sala de aula.

Este trabalho não pretendeu esgotar as possibilidades didáticas de “Tau Zero” e sim propor uma forma de identificar no texto ficcional elementos que possibilitem uma reflexão sobre o ensino de Teoria da Relatividade.

Referências Bibliográficas

- ABIKO, S. The Light-velocity postulate. In: **Science & Education**, 14, p. 353-365, 2005.
- ALLEN, L. D. **No mundo da ficção científica**. São Paulo: Sumus Editorial, 1974.
- ANDERSON, P. **Tau Zero**. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora, 1983.
- ARRIASSECQ, I.; GRECA, I. M. Introducción de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio/polimodal de enseñanza: identificación de teoremas – en – acto y determinación de objetivos – obstáculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 2 p. 189-218, 2006.
- BARROS, D. L. P. **Teoria semiótica do Texto**. São Paulo: Ática, 2008.

- BRAKE, M.; THORNTON, R. Science fiction in the classroom. In: **Physics Education**, Bristol, v. 38, n. 01, p. 31-34, jan. 2003.
- CARUSO, F; FREITAS, N. Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. In: **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 26, n. 2: p. 355-366, ago. 2009.
- CLARKE, A.C. Einstein: Ícone do Século XX. In: ROBSON, A. **Einstein: 100 anos de relatividade**. p. 235 – 240. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- EAGLETON, T. **Teoria da Literatura: Uma introdução**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- ECO, U. Os mundos da ficção científica. In: **Sobre os espelhos e outros ensaios**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1989. p. 166-172.
- FIOLHAIS, C. Einstein e o Prazer da Física. In: **Física na Escola**, vol.6, n. 1, 2005.
- FIORIN, J. L. **Em busca do sentido**. São Paulo: Contexto, 2008.
- _____. **Elementos de análise do discurso**. São Paulo: Contexto, 2009.
- FRAKNOI, A. Teaching Astronomy with Science Fiction: A Resource Guide. In: **Astronomy Education Review**, vol. 1, Issue 2, Jul. 2002-Jan. 2003.
- FRIEDMAN, A. J. Physics and literature in this century: a new course. In: **Phys. Educ.** 8 305. p. 305 – 308, 1973. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/8/5/001>>. Acesso em 01 fev. 2010.
- GOMES, E. F. **O Romance e a Teoria da Relatividade: A interface entre Literatura e Ciência no Ensino de Física através do discurso e da estrutura da ficção**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FEUSP; IFUSP; IQ; IB, 2011.
- GOMES-MALUF, M. C; SOUZA, A. R. de. A Ficção Científica e o ensino de ciências: O imaginário como formador do real e do racional. In: **Ciência e Educação**, v. 14, n. 2, Bauru/SP, p. 271-282, 2008.
- GREIMAS, A. J. **Semântica estrutural**. São Paulo: Cultrix, Edusp, 1973.
- _____. **Semiótica do discurso científico. Da modalidade**. São Paulo: Difel/SBPL, 1976.
- _____. ; COURTÉS, J. **Dicionário de semiótica**. São Paulo: Contexto, 2008.
- GROCH, T. M; BEZERRA JR, A. G. O ensino de relatividade restrita e geral nos livros didáticos do PNLEM 2009. In: **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009, Vitória/ES. Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009.
- GUERRA, A.; BRAGA, M. A.; REIS, J. C. Teoria da Relatividade restrita e Geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 575-583, dez. 2007.
- HALPERN, P. **Os Simpsons e a Ciência**. São Paulo: Novo Conceito Editora, 2008.
- JEROME, F. Einstein, Race, and the Myth of the Cultural. In: **Isis**, vol. 95, n. 4. p. 627 – 639, dec. 2004.
- KAKALIOS, J. **The physics of superheroes**. New York: Gotham Book, 2005.
- KARAM, R. A. S. ; CRUZ, S. M. S; COIMBRA, D. Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 29, p. 105-114, 2007.
- KÖHNLEIN, J. F. K; PEDUZZI, L.O.Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: um exemplo com a Teoria da Relatividade Restrita. In: **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 22, n. 1: p. 36-70, abr. 2005.
- LATOURET, B. A Relativistic Account of Einstein Relativity. In: **Social Studies of Science**, London, vol. 18, p. 3-44, 1988.
- LIGHTMAN, A. **Great ideas in Physics**. New York: McGraw-Hill, 2000.
- LINSINGEN, L. V. **Literatura infantil no ensino de ciências: articulações a partir da análise de uma coleção de livros**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- LOWREY, C.H.; VENKATESAN, P. Making Science Accessible: A Semiotics of Science Communication. In: **Biosemiotics**, v.1, n. 2, p. 253-269, jul. 2008.

- MARTIN-DIAZ, M.J. et al. Science fiction comes into the Classroom: Maelstrom II In: **Phys. Educ.** **27** 18. p. 19 – 24, 1992. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0031-9120/27/1/004>>. Acesso em 02 out. 2010.
- MACHADO, C. A. Filmes de Ficção Científica como mediadores de conceitos relativos ao meio ambiente. In: **Ciência e Educação**, v. 14, n. 2, Bauru/SP, p. 283-294, 2008.
- MONTEIRO, M. A; NARDI, R. As Abordagens dos Livros Didáticos Acerca da Física Moderna e Contemporânea: Algumas Marcas da Natureza da Ciência. In: **Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/t0068-1.pdf>>. Acesso em out. 2010.
- OLIVEIRA JÚNIOR *et al.* Relatividade restrita nos livros didáticos do ensino médio na última década: um estudo de caso. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Manaus**, 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0075-2.pdf>>. Acesso em 03 fev. 2011.
- OSTERMANN, F.; RICCI, T.F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos em ensino de física. In: **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 19, n.2: p. 176-190, ago. 2002.
- PÉREZ, H; SOLBES, J. Algunos problemas en la enseñanza de la relatividad. In: **Enseñanza de la Ciencias**, 23, 1, p. 135-146, 2003.
- PIASSI, L. P. C. **Contatos: A ficção científica no ensino de ciências em um contexto sócio cultural.** Tese de Doutorado. São Paulo: FEUSP, 2007.
- _____. *et al.* O discurso ideológico sobre Aristóteles nos livros didáticos de Física. In: **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 1-19, maio/ago. 2009.
- PIASSI, L.P.C.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de encontrar erros em filmes. **Educação e Pesquisa (USP)**, v. 35, p. 525-540, 2009.
- PIETROFORTE, A. V. **Semiótica Visual: os percursos do olhar.** São Paulo: Contexto, 2007.
- PIKKARAINEN, E. , The Semiotics of Education: A new vision in an old landscape. In: **Educational Philosophy and Theory. num. esp.** , 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-5812.2009.00632.x/pdf>> Acesso em: 07 ago. 2010.
- RODRIGUES, C. D. O; PIETROCOLA, M. A abordagem da relatividade restrita em livros didáticos no ensino médio e a transposição didática. In: **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 1999, Valinhos. Florianópolis : Clicdata Multimídia, 1999.
- SANTOS, E. I. *et al.* Produção de atividades de física para o ensino fundamental: Uma análise semiótica do discurso do professor em um ambiente de formação continuada. In: **Atas do XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2010, Águas de Lindóia/SP. São Paulo: SBF, 2010. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xii/sys/resumos/T0271-1.pdf>>. Acesso em 05 fev. 2011.
- SILVA, H. C. ; ALMEIDA, M. J. P. M. Condições de produção da leitura em aulas de física no ensino médio: um estudo de caso. In: ALMEIDA, M. J. P. M; SILVA, H. C. (Org.). **Linguagens, leituras e ensino da ciência.** , p. 131-162. Campinas, SP: Mercado de Letras; ALB, 1998.
- VARGISH, T ; MOOK, D. E. **Inside Modernism: Relativity Theory, Cubism, Narrative.** New Haven: Yale University Press. 1999.

- WILSON, S. Ciência e Arte – Olhando para trás/Olhando para frente. In: DOMINGUES, D. (org.) **Arte, ciência e tecnologia: passado, presente e desafios**. p. 489-498. São Paulo: Ed. Unesp, 2009.
- WOODCOCK, J. *et al.* Teaching Science Fiction: Unique Challenges. In: **Science Fiction Studies**, Vol. 6, No. 3, p. 249-262. nov. 1978.
- ZANETIC, J. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. In: **História, Ciência, Saúde – Manguinhos** volume 13 [suplemento] p. 55-70. 2006a.
- _____. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, Campinas: v.17, n.1, 39-57, jan./ abr. 2006.