

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,  
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA - FCET**

**THOMAS ROCHA SIEVERS**

**O INSTITUTO NACIONAL DE INOVAÇÃO EM DIAGNÓSTICOS  
PARA SAÚDE PÚBLICA COMO TEMA MOTIVADOR PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS EDUCACIONAIS PARA O  
ENSINO DE BIOLOGIA**

**DISSERTAÇÃO**

**CURITIBA**

**2014**

**THOMAS ROCHA SIEVERS**

**O INSTITUTO NACIONAL DE INOVAÇÃO EM DIAGNÓSTICOS  
PARA SAÚDE PÚBLICA COMO TEMA MOTIVADOR PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS EDUCACIONAIS PARA O  
ENSINO DE BIOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências - Área de Concentração: Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional.

Orientador: Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior.

Co-orientador: Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

**Curitiba**

**2014**



Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação – Câmpus Curitiba  
Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica



**TERMO DE APROVAÇÃO  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 03/2013**

**O Instituto Nacional de Diagnósticos em Saúde Pública como tema motivador para o desenvolvimento de objetos educacionais para o ensino de biologia no Ensino Médio**  
por  
**Thomas Rocha Sievers**

Esta dissertação foi apresentada às 9h do dia 2 de agosto de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ciências**, com área de concentração em *Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional* e linha de pesquisa \_\_\_\_\_

do Mestrado Profissional do **Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior  
(UTFPR - orientador)

Profª. Dr. Fabiana Roberta Gonçalves e Silva  
Hussein  
(UTFPR)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Fortes Gonzalez  
(UTFPR)

Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho  
(UTFPR)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer meu orientador, professor Arandi Ginane Bezerra Junior, por todos os conselhos e conhecimentos compartilhados comigo, uma pessoa que serviu como grande fonte de inspiração para o desenvolvimento do trabalho. Também expresso meus agradecimentos à sua esposa Stella e ao seu filho Emanuel, os quais cederam tão gentilmente algumas noites que teriam ao lado dele, para que eu pudesse discutir meu trabalho.

Agradeço o professor Nestor Cortez Saavedra Filho pelo apoio, pelas análises e recomendações sobre o trabalho, as quais foram muito importantes no encaminhamento do objeto educacional e da dissertação.

Agradeço também todos envolvidos no INDI-Saúde e que de alguma forma influenciaram este trabalho: Leonardo Foti, pela análise teórica acerca da doença de Chagas, ao Samuel Goldenberg pelo apoio a pesquisa e incentivo a divulgação da Ciência e ao Marco Aurelio Krieger por sua contribuição final no trabalho.

Um agradecimento especial ao meu colega de mestrado e amigo, Sam Adam Hoffmann, que desenvolveu um grande trabalho em seu mestrado e me auxiliou em muitos aspectos na parte de finalização do produto.

A todos os colegas de minha turma de mestrado e aos professores, também expresso meus agradecimentos, pois todos contribuíram com minha formação.

Agradeço minha esposa Bruna por todo o seu carinho, amor e atenção nesta etapa de minha formação.

Meus agradecimentos também a minha família e meus amigos que foram e são essenciais em minha vida.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

— Nelson Mandela

## RESUMO

SIEVERS, Thomas. R. O Instituto Nacional de Inovação em Diagnósticos em Saúde Pública como tema motivador para o desenvolvimento de objetos educacionais para o ensino de Biologia. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – PPGFCET, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2014.

O ensino, de uma forma geral, tem sido influenciado pelas tecnologias de informação e comunicação (TIC). Associados a estas, surgem avanços de novas descobertas no campo acadêmico de diferentes disciplinas. No caso da Biologia, estes avanços se dão a passos largos principalmente nas áreas de Biologia molecular, Biotecnologia e Genética. Desta forma, e também respondendo a demandas presentes nos PCN+, os quais recomendam um ensino de Biologia que aborde temas contemporâneos, foi idealizado este trabalho, o qual possui como objetivo geral desenvolver um objeto educacional (OE) no formato de conteúdo multimídia interativo, que surge da integração dos conteúdos curriculares com os conhecimentos produzidos em centros de pesquisas. Aqui, buscou-se utilizar o Instituto Nacional de Inovação em Diagnósticos em Saúde Pública, INDI-Saúde, como tema motivador para o desenvolvimento de objetos educacionais para o ensino de Biologia. O propósito do OE é demonstrar como ocorre a produção de anticorpos durante a infecção pelo *Trypanosoma cruzi*, pois este é um assunto diretamente ligado aos objetivos do INDI-Saúde e que encontra contrapartida no ensino de Biologia. Para a elaboração e estruturação do conteúdo, foi proposta uma metodologia de gerenciamento de projetos com foco nos OE, além do desenvolvimento de roteiros que contemplam como público alvo alunos do 2º ano do ensino Médio e consideram os conteúdos de parasitologia (doença de Chagas, transmissão e infecção), resposta imune primária e resposta imune secundária, além de Biologia celular e molecular. O OE foi desenvolvido no programa Adobe® Flash® Player, estando sob a licença *creative commons*. Foi elaborado um manual de referência e também um exemplo de utilização em sala de aula, que está disponível no portal “Ciência Curiosa”. O material está assim disponível para uso da comunidade e a metodologia utilizada pode servir de inspiração para o desenvolvimento de novos OE.

Palavras-chave: Objetos educacionais; Ensino de Biologia; Tecnologia educacional; INCT; Doença de Chagas; *Trypanosoma cruzi*

## ABSTRACT

SIEVERS, Thomas. R. The National Institute of Science and Technology for Diagnostics in Public Health as a motivating theme for the development of learning objects for biology teaching 2014. 75 f. Dissertation (Professional Master in Scientific, Educational and Technological Education) – Graduate Program in Scientific, Educational and Technological Education – PPGFCET, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2014.

Education, in general, has been influenced by information and communication technologies (ICT). Associated with these advances, new discoveries emerge in the academic field regarding different disciplines. In the case of biology, this advancement sprouts especially in the areas of Molecular Biology, Biotechnology and Genetics. The present work takes into account the demands present in PCN+, which recommends Biology education focused on contemporary issues. The main objective is to develop a learning object in interactive multimedia content, integrating curriculum contents together with the actual knowledge produced in modern research centers. In this study, we propose using the subject of the National Institute of Science and Technology in Diagnostics for Public Health, INDI - Health, as a motivating theme for the development of educational objects (EO) in Biology teaching. The purpose of the content is to demonstrate how the production of antibodies occurs during infection with *Trypanosoma cruzi*, for it is a subject directly linked to both Biology teaching and the objectives of INDI-Health. We propose a methodology based on project management for content development and structuring of the EO. In addition, we developed a study guide aiming at 2<sup>nd</sup> year high school students, including the contents of Parasitology (Chagas disease transmission and infection), primary and secondary immune response, and Cellular and Molecular Biology. The content was developed in Adobe® Flash® Player, and is licensed under *creative commons*. Together with a reference manual, an example on how to use the EO was made available at the science portal “Ciência Curiosa”. The EO is thus available to the community and could be used as a reference for the development of new educational resources.

Key words: Learning objects; Biology teaching; Educational technology; INCT; Chagas disease; *Trypanosoma cruzi*

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Tela inicial do OE referente à capa. .... 38
- Figura 2.** Tela inicial com as marcações de funcionalidade de cada botão. (a) vídeo com a entrevista do coordenador do INDI-Saúde, Dr. Samuel Goldenberg; (b) botões de navegação para as telas da doença de Chagas; (c) botão de acesso direto para a tela de ‘Transmissão’; (d) botão com os créditos da produção. 39
- Figura 3.** Tela referente à transmissão do protozoário *Trypanosoma cruzi* pelo seu vetor. .... 40
- Figura 4.** Tela referente à transmissão do protozoário com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) animação do repasto sanguíneo; (b) animação da pessoa coçando o local da picada e se contaminando com as fezes contaminadas; (c) botão para retornar à capa. .... 40
- Figura 5.** Tela referente à infecção pelo *T. cruzi*. .... 41
- Figura 6.** Tela referente à infecção pelo do protozoário com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) área pela qual a leitura deve ser iniciada, seguindo o sentido anti-horário; (b) botão para retornar à capa. .... 41
- Figura 7.** Tela referente à resposta imune primária. .... 42
- Figura 8.** Tela referente à resposta imune primária com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) botão referente aos antígenos; (b) botão que demonstra a ação dos macrófagos; (c) botão que demonstra a relação entre os macrófagos e os linfócitos TCD4+; (d) botão que finaliza a resposta imune primária; (e) botão para retornar à capa. .... 43
- Figura 9.** Tela referente à resposta imune secundária. .... 44
- Figura 10.** Tela referente à resposta imune secundária com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) botão que explica a ação dos linfócitos B; (b) botão que explica a ação e função dos plasmócitos; (c) botão que explica como funcionam as células de memória; (d) botão que leva às atividades; (e) ) botão para retornar à capa. .... 44
- Figura 11.** (a) Atividade demonstrando a molécula de DNA com a informação para produção dos anticorpos; (b) Atividade II que demonstra como é montada a cadeia polipeptídica referente ao anticorpo. .... 45



## LISTA DE ABREVIATURAS

AAAS	<i>American Association for the Advancement of Science</i>
ACT	Alfabetização Científico-Tecnológica
ADL	<i>Advanced Distributed Learning</i>
APC	Células apresentadoras de antígenos
ARIADNE	<i>Aliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe</i>
BIOE	Banco Internacional de Objetos Educacionais
BNDES	Banco de Desenvolvimento Econômico e Social
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CBT	<i>Computer-based training</i>
DCE	Diretrizes Curriculares da Educação Básica
Enem	Exame Nacional do Ensino Médio
HIV	Vírus da imunodeficiência humana
HTLV	Vírus linfotrópico da célula humana
ICC	Instituto Carlos Chagas
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IL	Interleucina
IMS	<i>Intructional Management Systems</i>
INDI-Saúde	Instituto Nacional de Inovação em Diagnósticos para a Saúde Pública
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LMS	<i>Learning management systems</i>
LTSC	<i>Learning Technology Standards Committee</i>
MEC	Ministério da Educação
OE	Objetos Educacionais
PAMP	Padrões moleculares associados a patógenos

PCN+ Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM Parâmetros Curriculares do Ensino Médio

PPGFCET Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica

PPR Receptores de reconhecimento padrão

RIVED Rede Internacional Virtual de Educação

Sibratec Sistema Brasileiro de Tecnologia

TIC Tecnologias de Informação e Comunicação

TLR Receptores do tipo *Toll*

TNF Citocina pró-inflamatória

UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 OBJETIVOS .....	12
3 JUSTIFICATIVA .....	13
4 FUNDAMENTAÇÃO.....	14
4.1 O USO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E O ENSINO DE BIOLOGIA.....	14
4.1.1 O USO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS NO PARANÁ .....	14
4.1.2 O ENSINO DE BIOLOGIA.....	16
4.2 OBJETOS EDUCACIONAIS.....	17
4.2.1 DEFININDO OBJETOS EDUCACIONAIS .....	19
4.3 INCT E O INDI-SAÚDE .....	23
4.4 DOENÇA DE CHAGAS.....	27
5 O OBJETO EDUCACIONAL: DOENÇA DE CHAGAS .....	32
5.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO .....	33
5.2 OBJETO FINALIZADO.....	38
6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO .....	46
7 REFERÊNCIAS .....	48
8 MATERIAL SUPLEMENTAR.....	54
8.1 MATERIAL SUPLEMENTAR I - ROTEIRO .....	54
8.2 MATERIAL SUPLEMENTAR II.....	61
8.2.1 Revisão teórica sobre a doença de Chagas para alunos e professores.....	61
8.2.2 Manual de instruções.....	64

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, foi possível observar um avanço significativo no desenvolvimento científico e tecnológico, o que impacta de forma marcante nossa sociedade. Avanços nas diferentes áreas das ciências naturais como na Biologia, com a Biologia molecular, Engenharia genética e Biotecnologia, na Física com os avanços na área de Nanotecnologia, dentre várias outras, forneceram respostas e soluções a vários problemas existentes e apontam novos caminhos e desafios.

No mesmo sentido, temos o desenvolvimento científico e tecnológico influenciando a Educação, as formas como se ensina e o que se ensina. De um lado, temos recursos didáticos, as Tecnologia Educacionais, também conhecidas como Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) (MIRANDA, 2007), como o rádio, a televisão e mais recentemente computadores, *notebooks*, *tablets* e *smartphones* que se mostram como eficientes ferramentas de apoio para o ensino. De outro lado, existe a necessidade de transpor o conhecimento que é gerado em nível acadêmico para dentro de sala de aula e para a comunidade em geral, assim, democratizando esses conhecimentos por meio da Alfabetização Científico-Tecnológica (ACT) (AULER & DELIZOICOV, 2001).

Buscando divulgar a ciência, auxiliar na alfabetização científica e fornecer ferramentas metodológicas para o ensino, foi proposto este trabalho que tem por objetivo desenvolver um objeto educacional para ser utilizado por professores, alunos e comunidade em geral sobre doenças negligenciadas, tendo como apoio assuntos desenvolvidos no Instituto Nacional de Inovação em Diagnósticos para a Saúde Pública, o INDI-Saúde.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Desenvolver um Objeto Educacional (OE) para ser utilizado por professores, alunos e a comunidade acadêmica e escolar sobre doenças de Chagas, tendo como apoio assuntos de pesquisa desenvolvidos no Instituto Nacional de Inovação em Diagnósticos para a Saúde Pública (INDI-Saúde).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Padronizar um modelo de gerenciamento de projetos voltado ao desenvolvimento de OE;
- Desenvolver um OE sobre o ciclo da infecção da doença de Chagas e as respostas imunes relacionadas a ela;
- Produzir material de apoio para instruir na utilização do OE;
- Desenvolver material teórico sobre a doença de Chagas, que sirva de apoio a quem utilizar o OE;
- Disponibilizar o material produzido por fins desta dissertação em sítios e repositórios de conteúdos de livre acesso.

### 3 JUSTIFICATIVA

Respondendo a demandas presentes nos PCN+ (BRASIL, 2002), os quais recomendam um ensino de Biologia que aborde temas contemporâneos, foi idealizado este trabalho.

Assim, buscamos contribuir para que a educação básica forme pessoas com as devidas capacidades de interpretação científica dos fatos naturais e, também, com o entendimento de como funcionam equipamentos, procedimentos técnicos e tecnologias utilizadas pela sociedade. Seria interessante que exemplos como este se tornassem uma realidade mais comum no ensino de ciências em nosso país.

Existe uma necessidade em se aproximar os conhecimentos científicos e tecnológicos da sociedade. Isto é importante não somente para divulgar os avanços em diversas áreas que influenciam nosso cotidiano, mas também para auxiliar o ensino de Ciências a se manter em dia no entendimento de como se faz ciência. É importante que os professores, principalmente de ensino fundamental e médio, estejam em consonância com conceitos atuais do conhecimento científico produzido.

Não se trata, contudo, de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária, mas sim como instrumento capaz de propiciar aos alunos uma visão de mundo atualizada, para que possam ser formados num ambiente em que se compreende e valoriza a cultura científica, apontada para o desenvolvimento de uma postura social crítica e especulativa dentro e fora da sala de aula.

Outro ponto que justifica este trabalho remete à necessidade dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia, tendo em vista as diretrizes do CNPq, de estabelecer programas que contribuam para a melhoria do ensino de ciências e a difusão da ciência para o cidadão comum e a comunidade.

## **4 FUNDAMENTAÇÃO**

### **4.1 O USO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E O ENSINO DE BIOLOGIA**

Técnicas e tecnologias desenvolvidas nas diferentes áreas do conhecimento aparecem para apontar novas descobertas científicas e para sanar problemas em diversos campos. Em especial, no campo das Ciências da Natureza as inovações vêm ocorrendo quase que diariamente e, com isso, as informações veiculadas pelos meios de comunicação se referem a conceitos cujo entendimento pela população exige o domínio de conhecimentos científicos (BRASIL, 2002, p. 33).

Conhecimentos biológicos relacionados a Engenharia genética, Bioética, Biologia molecular, entre outros, são fundamentais para compreender os debates contemporâneos e deles participar, constituindo uma das finalidades do estudo dessa ciência no âmbito escolar. Desta forma, é importante que, como conteúdos estruturantes, estejam abordados avanços da Biologia molecular; as Biotecnologias aplicadas e os aspectos bioéticos que envolvem a manipulação genética.

As Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Estado do Paraná (DCE) apontam sobre a importância da apropriação dos conhecimentos científicos e tecnológicos por parte dos estudantes, pois a ciência e a tecnologia interferem no contexto de vida da humanidade. Por esta razão, o DCE elucida que “todo o cidadão tem o direito de receber esclarecimentos sobre como as novas tecnologias vão afetar sua vida.” (PARANÁ, 2008, p. 60).

Dessa forma, podemos traçar duas vertentes relacionadas ao avanço tecnológico que seguem em paralelo e se unem para compor o currículo escolar. Uma delas está relacionada com o desenvolvimento dos conhecimentos na área das Ciências, referidos anteriormente. A outra está vinculada às tecnologias inseridas na área das TIC, onde estão incluídos os computadores, a internet, diferentes dispositivos tecnológicos, entre outros.

#### **4.1.1 O USO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS NO PARANÁ**

A utilização de tecnologias educacionais para o ensino é um ponto importante relacionado à interpretação das DCE no que se refere a como essas novas tecnologias

afetam nosso cotidiano, sendo que a utilização destas tecnologias pelos jovens é algo comum e até certo ponto natural.

“Os jovens parecem ser a prova viva da fantástica descrição da tecnologia como extensão do corpo e da mente (...). Talvez mais do que em qualquer outra época de convivência tecnológica, os jovens estão a desenvolver competências de utilização digital e estilos de aprendizagem que se afastam da dos adultos (PEREIRA & SILVA, 2008).”

Assim, é importante utilizar estas ferramentas para o ensino. Pois, conforme os mesmos autores supracitados: “(...) tendo a escola que adaptar-se, correndo o risco de não o fazendo, deixar de despertar a atenção e restar desprovida de significado para os jovens (...)”.

Essas tecnologias possibilitam um incremento nas práticas educacionais por parte dos professores, permitindo demonstrar processos que por meio de recursos como os livros e o quadro-negro seria muito difícil, além de contribuir para a inclusão digital.

“Mais do que ferramentas e aparatos que podem “animar” e/ou ilustrar a apresentação de conteúdos, o uso das mídias web, televisiva e impressa mobiliza e oportuniza novas formas de ver, ler e escrever o mundo. Contudo, é importante que essas ferramentas tecnológicas estejam aliadas a um procedimento continuado de formação docente, potencializando o pensamento sobre as práticas pedagógicas (PARANÀ, 2010).”

Contudo, essas tecnologias necessitam ser utilizadas de forma consciente para o ensino. Ou seja, por mais que os alunos tenham a *expertise* no trato principalmente com os novos dispositivos tecnológicos como computadores e *tablets*, é muito importante que os professores e demais agentes responsáveis pelo currículo se apropriem criticamente dessas tecnologias, a fim de utilizá-las de forma a incrementar as práticas educacionais.

A própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB propõe o desenvolvimento de um currículo que deverá incorporar ‘(...) as tendências apontadas para o século XXI (...)’ (BRASIL, 1996). Estas tendências se inserem no contexto dos estudantes que vivem numa nova era tecnológica e de inclusão digital. De fato, o acesso às TIC se disseminou por todo o território nacional, por meio de iniciativas do governo federal como o Banco Internacional de Objetos Educacionais, o Portal do Professor, a aquisição de milhares de *tablets* para escolas públicas e o crescente acesso à internet de banda larga, entre várias outras iniciativas (LORENZONI, 2012). Promover o ensino mediado por esta profusão de ferramentas permite abordagens mais atraentes e também moduladas por resultados significativos de pesquisas na área de ensino de Ciências. Além disso, pode ser atraente aos alunos, por utilizar instrumentos e tecnologias que os



jovens praticam em boa parte de seu lazer. Desta forma, são abertas maiores possibilidades para a compreensão de conceitos abstratos e para avanços no campo do ensino, em especial no de Ciências.

No estado do Paraná, desde o ano de 1985 ações vêm sendo tomadas com relação à implementação da informática na educação. Ao longo desses anos, comitês, programas e projetos foram criados com o intuito de investigar a utilização de informática na educação; pesquisar, produzir e publicar materiais no contexto escolar; e capacitar os profissionais ligados à educação para a utilização dessas tecnologias educacionais (TONO, 2003; LOPES, 2005; CANTINI, 2008)

No ano de 2010 a Secretaria de Estado da Educação do Paraná lançou em sua série de cadernos temáticos, as Diretrizes Para o Uso de Tecnologias Educacionais. Neste material destacam-se algumas orientações sobre princípios norteadores da utilização das TIC na educação. Um ponto muito importante para o encaminhamento na construção do currículo atualmente é que todos os envolvidos na sua concepção, independente do lugar que estes ocupam, devem considerar o uso de tecnologias educacionais (PARANÁ, 2010).

#### **4.1.2 O ENSINO DE BIOLOGIA**

Uma questão presente nos PCN+ remete à organização e estruturação do ensino que, para ficar em consonância com os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCNEM) e o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), também é composto de elementos curriculares desenvolvidos em torno de competências e habilidades. Neste sentido, este trabalho se situa na área de contextualização sócio-cultural buscando:

“(...) compreender a ciência e tecnologia como partes integrantes da cultura humana e contemporânea; reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social; reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania (...) (BRASIL, 2002).”

No estado do Paraná, as DCE determinam que o currículo da Educação Básica ofereça ao estudante a formação necessária para o enfrentamento com vistas à transformação da realidade social, econômica e política de seu tempo. Além disto, ele cita uma formação, a um só tempo, humanista e tecnológica. Para tanto, as DCE

entendem a escola como espaço do confronto e diálogo entre os conhecimentos sistematizados e os conhecimentos do cotidiano popular (PARANÁ, 2008).

As DCE também entendem que o currículo é formado pelos conteúdos estruturantes, os quais são frutos de uma construção que tem sentido social como conhecimento. Entretanto, é reconhecido que o conhecimento que identifica uma ciência e uma disciplina escolar não é estanque, o que caracteriza a natureza dinâmica e processual de todo e qualquer currículo (PARANÁ, 2008). Por esta razão, as DCE reconhecem a incorporação e atualização dos conteúdos decorrentes do movimento das relações de produção e dominação que determinam relações sociais, geram pesquisas científicas e trazem para o debate questões políticas e filosóficas emergentes.

Do ponto de vista do currículo de Biologia, as DCE em consonância com os PCN, propõem que esta disciplina tem como objeto de estudo o fenômeno da vida, em sua diversidade de manifestações. Neste sentido, este trabalho se situa na área de contextualização sócio-cultural buscando: compreender a ciência e tecnologia como partes integrantes da cultura humana e contemporânea; reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social; reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania (BRASIL, 2002).

Neste contexto, dá-se destaque a conceitos referentes à saúde, onde o tema doenças é apontado como um importante foco de estudos. Desta forma, e também respondendo a demandas presentes nos PCN+ (BRASIL, 2002), os quais recomendam um ensino de Biologia que aborde temas contemporâneos, associado a problemas atuais, foi idealizado este trabalho.

## **4.2 OBJETOS EDUCACIONAIS**

Uma das ferramentas essenciais para o ensino são os livros didáticos, presentes na maioria das escolas (XAVIER, 2006). Contudo, o ensino, de uma forma geral, tem sido fortemente influenciado pelas tecnologias de informação e comunicação (TIC) (SANTANA, ROSSINI e PRETTO, 2012) que, cada vez mais, constituem elemento

fundamental no moderno processo ensino-aprendizagem. Os computadores e a internet, por exemplo, ensejam mudanças radicais tanto no modo como as pessoas se comunicam quanto nas estratégias e formatos da educação (WILEY, 2001).

Segundo Wiley (2001), a tecnologia é um agente que gera mudanças e muitas das inovações tecnológicas podem resultar na quebra de paradigmas. Um exemplo foi o desenvolvimento da internet. O surgimento desta ferramenta revolucionou diversos campos, mudou a maneira como as pessoas se comunicam, fazem negócios e também influenciou a área da Educação. A internet possibilitou o acesso à informação de uma maneira ampla, transpondo barreiras geográficas e temporais.

Com isso nasceu o *e-learning*, que é a utilização de tecnologia de telecomunicações para distribuir informações com finalidades educacionais. Algumas das vantagens desta modalidade de ensino incluem o rompimento das limitações impostas por tempo e espaço (KATZ, 2000 *apud* SUN, 2006).

De acordo com Wu *et al.* (2008), umas das instituições pioneiras nesta modalidade de ensino foi o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que procurou disponibilizar todos os seus cursos de forma *online*. Contudo, mesmo apresentando vantagens sobre o ensino tradicional, surgem algumas preocupações acerca desta ferramenta, principalmente relacionadas a recursos materiais envolvendo ambientes com *e-learning*. Wu *et al.* (2008) indicam que existem alguns fatores relevantes que são vitais para que as atividades de *e-learning* sejam efetivas e desta forma destacam estudos como os conduzidos por Ajzen & Fishbein (1977); Davis, Bagozzi & Warshaw (1989); Oliver (1980) que relatam variáveis importantes do ponto de vista psicológico, como modelos de aceitação destas tecnologias e como estas garantem o sucesso do *e-learning*. Estes estudos relacionam a satisfação dos alunos com este modelo de ensino e também os fatores que o influenciam. Estes fatores levam em conta questões relacionadas aos alunos, aos professores / tutores, ao curso, às tecnologias e aos *designers* (à arquitetura da informação do produto).

De acordo com Miranda (2007), existe o termo '*Literacia Informática*', que pode ser definido como "o conjunto de conhecimentos, competências e atitudes em relação aos computadores que levam a alguém lidar com confiança com a tecnologia computacional na sua vida diária".

Como exemplo, entre os fatores relacionados aos estudantes estão a aceitação e manejo destes com relação às tecnologias (computadores e afins) e também a facilidade de acessibilidade à internet. Os estudantes devem estar familiarizados com

computadores e seu uso como ferramentas que dão suporte ao ensino. Eles devem se habituar a trabalhar diretamente com materiais virtuais, inclusive com livros, os *e-books*. Alunos que possuem um posicionamento positivo, que não possuem receio em utilizar computadores, tendem a obter resultados mais satisfatórios e efetivos em um ambiente de *e-learning* (PICCOLI *et al.*, 2001). No mesmo sentido, P-C Sun, *et al.* (2008) relatam que fatores relacionados aos professores / tutores que mais influenciam de forma negativa o êxito do *e-learning*, estão relacionados à solução de problemas em seus recursos tecnológicos. Por exemplo, quando alunos enfrentam um problema, a assistência por parte dos professores/tutores em encorajar os alunos a continuarem seu aprendizado por meio de recursos tecnológicos é vital. Ou seja, professores que falham em solucionar estes problemas, impactam de forma negativa o aprendizado dos estudantes.

Em se tratando dos fatores relacionados à tecnologia e ao *design*, estudos indicam que *softwares* com ferramentas amigáveis, de fácil memorização e utilização, que demandem pouco esforço de compreensão de funcionamento por parte dos estudantes, terão sua eficiência aumentada e farão com que os estudantes tenham maior propensão a utilizar *e-learning* no futuro (AMOROSO & CHENEY, 1991).

Estas concepções modelaram o formato do produto deste trabalho, o qual focou a criação de objetos educacionais (OE) de fácil utilização, com um apelo visual e operacional amigáveis e que, ao mesmo tempo, despertem o interesse em serem utilizados, inferindo desta forma no aprendizado de conceitos abstratos que, por muitas vezes, podem implicar em dificuldades de aprendizagem por parte dos alunos.

#### **4.2.1 DEFININDO OBJETOS EDUCACIONAIS**

A incorporação do aprendizado neste ambiente tecnológico mudou a forma de como os materiais educacionais são pensados e desenvolvidos. Estes materiais didáticos, que são recursos multimídia, necessitaram do desenvolvimento de estratégias para orientar sua construção conforme relata Tarouco *et al.* (2003). Com isso, instrumentos tecnológicos conhecidos como ‘objetos educacionais’ ou ‘*learning objects*’ (LTSC, 2000a) foram estruturado.

O LTSC (*Learning Technology Standards Committee*) do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), formado em 1996 para desenvolver e promover

uma padronização das tecnologias para educação foi um ponto chave para facilitar a disseminação e adoção dos objetos educacionais (PLONE FOUNDATION, 2000-2012). Segundo Wiley (2001), sem esta padronização, universidades, corporações e outras organizações não teriam como assegurar a operabilidade de suas tecnologias educacionais, em específico os objetos educacionais.

A LTSC criou uma definição para estes componentes educacionais:

“Objetos educacionais são definidos como qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o ensino, aprendizagem ou treinamento com suporte em tecnologia. (PLONE FOUNDATION *et al.*, 2000-2012)”

Outras instituições e autores também criaram suas próprias definições para exemplificar os OE:

“(...) qualquer recurso digital que pode ser utilizado para dar suporte ao aprendizado (...). (WILEY, 2001)”

“(...) recursos digitais, sistematicamente identificados e categorizados (*metatagged*), que podem ser utilizados para dar suporte ao aprendizado (...). (IMS, 2010)”

Existem diversas definições para o que são objetos educacionais. Algumas instituições, como a *Asymetrix* que atua com treinamentos baseadas em computação (*computer-based training* - CTB), define objetos educacionais em termos de características de programação. Já a *Educational Objects Economy*, faz uma abordagem técnica, aceitando somente *applets* em Java como objetos educacionais.

Desta forma, procurando uma definição simples, porém fiel ao seu propósito, consideramos que objetos educacionais são **“quaisquer recursos digitais que podem ser utilizados para dar suporte ao aprendizado”**. Esta definição inclui qualquer objeto que pode ser distribuído através da internet ou embarcado em dispositivos utilizáveis, como os dispositivos móveis (*tablets* e *smartphones*), sejam estes recursos pequenos ou grandes.

Exemplos de recursos digitais pequenos incluem imagens ou fotos, trechos de vídeos ou áudios, pequenas partes de textos, animações e pequenos aplicativos, como uma calculadora em *Java*. Exemplos de recursos digitais reutilizáveis grandes incluem *webpages* inteiras, as quais combinam textos, imagens e outras mídias ou aplicativos para distribuir experimentos ou eventos educacionais completos.

Esta definição de objetos educacionais (“qualquer recurso digital que pode ser utilizado para dar suporte ao aprendizado”) foi proposta por duas razões. A primeira

retoma a questão de recursos digitais reutilizáveis e que ao mesmo tempo se dá de forma abrangente o suficiente para incluir os vários *terabytes* de informações disponíveis ao acesso público. A segunda razão é baseada na definição da LTSC, a qual evoca questões de compatibilidade dos objetos educacionais, que devem ser reutilizáveis, digitais, adaptáveis e voltados ao ensino.

Os objetos educacionais são apontados como os principais recursos para a próxima geração de tecnologias utilizadas para Educação. Isto ocorre devido ao seu potencial de reutilização, generalidade, adaptabilidade e escalabilidade (HODGINS, 2000; URDAN & WEGGEN, 2000; GIBBONS, NELSON & RICHARDS, 2000). O compartilhamento de objetos educacionais pode ser condicionado por aspectos legais, financeiros e técnicos, desta forma defendemos a importância de soluções baseadas em padrões abertos. O repositório de objetos educacionais pode ser local (uma só instituição) ou distribuído (consórcio de instituições). Existem atualmente diversos consórcios de instituições acadêmicas organizando repositórios de objetos educacionais, sendo o *Advanced Distributed Learning* (ADL) um dos mais relevantes (TOUROCO *et al.*, 2003).

Paralelamente ao IEEE outras instituições também se organizaram em vista a padronizar estes recursos. Este foi o caso da *European Union Comission* que criou a ARIADNE (*Aliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe*) e da *Educom* que criou a *Intructional Management Systems* (IMS) (WILEY, 2001). Estas instituições desenvolveram padrões técnicos para dar suporte à implantação destes objetos educacionais.

De acordo com Tarouco *et al.* (2003), o IEEE criou grupos para a elaboração de propostas para estruturação e categorização de OE, tendo em vista o conceito de metadado. O metadado de um objeto educacional descreve características relevantes que são utilizadas para sua catalogação em repositórios de objetos educacionais reutilizáveis, podendo ser recuperadas posteriormente através de sistemas de busca ou utilizados através do *learning management systems* (LMS) para compor unidades de aprendizagem.

A estrutura do metadado agrupa elementos que descrevem o OE em categorias com informações gerais, por exemplo: nível de ensino; disciplina; tipo de mídia; licença (propriedade intelectual); nome do autor; entre outras categorias.

Os atributos de catalogação dos objetos (metadados) devem permitir sua pesquisa e recuperação por diferentes critérios. O tamanho dos objetos educacionais

deve ser escolhido de modo a maximizar seu reuso. De acordo com Tarouco (2003), os objetos maiores são mais fáceis de administrar, contudo são de difícil recontextualização para serem utilizados em cenários de aprendizagem diferentes para os quais inicialmente previstos. Já os objetos menores podem ser mais precisamente definidos, demandando menos esforço para organizar e os localizar.

Com vista a enquadrar os objetos educacionais desenvolvidos neste trabalho em um banco de dados que esteja disponível de forma simples e para toda a sociedade, foram escolhidos dois sítios, o portal de Ciências “Ciência Curiosa” e o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE). O portal Ciência Curiosa é um site que está sendo desenvolvido em um projeto de pesquisa vinculado ao PPGFCET da UTFPR. Neste ambiente é possível acessar diversos OE como *podcasts* e vídeos por exemplo, ligados ao ensino de Ciências. Já o BIOE é um serviço padronizado para catalogar objetos educacionais, disponibilizado pelo MEC. Este repositório de objetos educacionais disponibiliza de forma gratuita ao acesso público objetos em vários formatos e para todos os níveis de ensino, podendo ser acessado de forma individual ou em coleções.

Em vista de integrar este repositório, as obras intelectuais devem seguir alguns padrões, os quais tornam as obras válidas e disponíveis para a sociedade. O processo de validação atesta que qualquer procedimento ou processo conduzirá aos resultados esperados para que, ao final, esta obra possa ser publicada e fique acessível.

O primeiro passo para a validação é identificar o tipo da obra. As obras podem ser de diversos tipos como: obra musical; obra audiovisual; obra literária; conferências, alocações, sermões e outras obras; obras dramáticas, coreográficas e pantomímicas; obras cinematográficas; obra fotográfica; desenho; pintura; gravura; escultura; litografia; arte cinética; ilustrações; animação; cartas geográficas; coletânea ou compilação, antologia e enciclopédia; dicionário; base de dados; programa de computador; simulação (BIOE, 2013).

Para fins deste trabalho, foi escolhido como objeto educacional um programa de computador, que segundo o BIOE é:

“A expressão de um conjunto organizado de instruções, em linguagem natural ou codificada, contida em suporte físico de qualquer natureza, de emprego necessário em máquinas automáticas de tratamento da informação, dispositivos, instrumentos ou equipamentos periféricos, baseados em técnica digital ou análoga, para fazê-los funcionar de modo e para fins determinados (BIOE, 2013).”

Outra proposta, seguindo as diretrizes do BIOE, foi o de produzir um *software* livre, que é um programa, rotina ou conjunto de instruções que controlam o funcionamento de um computador, cuja criação e desenvolvimento destinam-se à livre utilização pela sociedade. Por esta razão, escolheu-se a licença *Creative Commons - Atribuição-Não-Comercial-Compartilhamento-Igual* (CC BY-NC-SA) a qual estabelece:

“Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam a você o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos (CREATIVE COMMONS, 2013).”

Objetos educacionais podem ser utilizados simultaneamente por pessoas em qualquer lugar do mundo, sendo necessária apenas uma conexão com a internet ou então um dispositivo que permita seu funcionamento *offline*. Com isso, este instrumento de aprendizado se mostra mais vantajoso em detrimento às mídias tradicionais tais como DVD, os quais podem existir em apenas um local por vez. Objetos educacionais também apresentam a vantagem de poderem ser reutilizados indefinidamente em diferentes contextos de aprendizagem.

#### **4.3 INCT E O INDI-SAÚDE**

Nas diversas instituições de nível superior de nosso país situam-se laboratórios nos quais grupos de cientistas desenvolvem pesquisa de ponta, havendo uma crescente produção acadêmica no país. Contudo, devido a diferentes fatores, estes grupos, de diferentes áreas de concentração, são muitas vezes desarticulados e dificilmente desenvolvem pesquisas em conjunto, havendo também certo distanciamento da academia com o setor produtivo e em relação a problemas concretos da sociedade brasileira. Desta forma, muitas das tecnologias e produtos que utilizamos são importados de diversos países gerando, com isso, um desequilíbrio na economia de nosso país, pois a renda e a mão de obra oriunda destes bens são alocadas no exterior. Isso ocorre, muitas vezes, devido à falta de fomento à pesquisa para o desenvolvimento destas tecnologias e produtos, os quais necessitam do conhecimento de áreas diversas e também da integração destas com o setor secundário da economia.



Tentando promover uma mudança neste panorama, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em parceria com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/MEC) e as Fundações de Amparo à Pesquisa de diversos estados, Ministérios da Saúde e Banco de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) promoveram a criação do Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) no ano de 2008 (BRASIL, 2008).

Este programa se baseia em três metas: mobilizar e agregar os melhores grupos de pesquisa de fronteira da ciência e em áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do país; impulsionar a pesquisa científica básica e fundamental e competitiva internacionalmente; estimular o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica de ponta associada a aplicações para promover a inovação e o espírito empreendedor, em estreita articulação com empresas inovadoras, nas áreas do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec) (BRASIL, 2008).

Isso implica na promoção do avanço da competência nacional em diversas áreas de atuação, ficando a cargo do Programa a responsabilidade direta pela formação de jovens pesquisadores e a instalação e funcionamento de laboratórios em instituições de ensino e pesquisa e empresas. Com isso, pretende-se, ocorrerá a qualificação do país em áreas prioritárias para o desenvolvimento regional e nacional. Ou seja, haverá uma melhoria da educação científica, uma participação mais equilibrada das diferentes regiões do país no esforço produtivo com base no conhecimento e uma integração do sistema de ciência e tecnologia com o sistema empresarial.

O programa contou inicialmente com um número estimado de 45 INCT que evoluiu, atualmente, para um total de 122 INCT que ocupam posições estratégicas no Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia, onde cada um possui um tema ou área de atuação definido. Estes foram vinculados a temas induzidos ou propostos espontaneamente pelos seus proponentes. Os temas tem relação direta com áreas de saúde, biocombustíveis, segurança pública, educação, entre tantas outras áreas presentes no Plano de Ação em Ciência, Tecnologia & Inovação (BRASIL, 2008).

Um destes INCT, foco deste trabalho, é o Instituto Nacional de Inovação em Diagnósticos para a Saúde Pública (INDI-Saúde). O objetivo deste Instituto é a implantação de novas tecnologias para diagnóstico de doenças causadas por microorganismos que sejam relevantes para a saúde pública, tendo como foco inicial as

doenças ditas negligenciadas, como doença de Chagas e dengue, e nas patologias cujo diagnóstico é compulsório para o sangue (HIV1, HIV2, hepatite B, hepatite C, HTLV1, HTLV2, doença de Chagas e sífilis) (INDI-Saúde, 2009).

O INDI-saúde tem como sede o Instituto Carlos Chagas (ICC) - Fiocruz em Curitiba, PR e coordenação do Dr. Samuel Goldenberg. Este INCT organiza uma rede multidisciplinar, envolvendo diferentes áreas do conhecimento, capacidades tecnológicas e *expertise* produtiva, abarcando diferentes instituições como: Instituto Carlos Chagas - Fiocruz, PR (Curitiba); Instituto de Biologia Molecular do Paraná (Curitiba); Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Biomanguinhos) - Fiocruz (Rio de Janeiro); Instituto Ageu Magalhães - Fiocruz (Recife - PE); Departamento de Física - Universidade Federal do Paraná (Curitiba); Instituto de Tecnologia do Paraná - Tecpar (Curitiba); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre); Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Curitiba); Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis). A equipe envolvida no Instituto é composta por mais de 42 pesquisadores, entre mestres e doutores de diferentes áreas de conhecimento, além de pesquisadores de outras instituições com conhecimentos e *expertise* complementares ao projeto (INDI-Saúde, 2009). Com estes, são emprestados ao projeto competências em áreas do conhecimento de diferentes especialidades como Nanotecnologia, Química fina, Biologia molecular, Imunologia, Virologia, Parasitologia, Engenharia eletrônica, Física, Robótica, Ciências de materiais, Inteligência artificial e Micro-fluídica.

A meta do Instituto é a nacionalização de insumos e sistemas de diagnóstico relevantes para a saúde pública, envolvendo métodos rápidos para utilização no local de tratamento (*point of care*) e procedimentos de multiteste para o diagnóstico e controle do sangue. Terá como base um programa de pesquisa aplicada focada no desenvolvimento e organização de capacidades científicas e tecnológicas para o desenvolvimento de kits diagnóstico, insumos e equipamentos, os quais serão repassados ao setor produtivo. Vale salientar que os produtos desenvolvidos são inovadores, com alto valor agregado, possuindo grande efetividade em saúde pública e são desenvolvidos em solo nacional e com tecnologias nacionais.

Algumas das necessidades para a implementação deste Instituto são fundamentadas no fato de que o Brasil possui um saldo negativo na balança comercial em reativos para diagnóstico na ordem de US\$200 milhões (GADELHA, 2008 *apud*

INDI-Saúde, 2009). Isto quer dizer que nosso país depende de importações neste setor, ao passo que a produção nacional, marcada pela oferta de produtos de baixo valor agregado e de baixa densidade tecnológica, se concentra em um restritíssimo número de empresas. O mesmo ocorre ao se analisar o segmento de equipamentos para diagnóstico, onde o setor industrial nacional tem presença fraca e poucos recursos e iniciativas foram destinadas até o momento ao desenvolvimento de capacitação tecnológica deste setor industrial.

Este cenário revela uma dependência externa do país neste segmento, visto que vários programas de saúde pública se baseiam em diagnósticos clínicos e epidemiológicos para o correto desenvolvimento de suas ações. O quadro se agrava em se tratando das doenças negligenciadas, cujo diagnóstico e tratamento não fazem parte da carteira de pesquisas e desenvolvimento das empresas líderes deste setor. Segundo Werneck (2011), entende-se por doenças negligenciadas aquelas exclusivas dos países em desenvolvimento, ou seja, doenças que estão presentes predominantemente em um contexto de desenvolvimento político, econômico e social de populações mais pobres e vulneráveis, ditas marginalizadas. Essas doenças são assim denominadas porque os investimentos em pesquisa geralmente não revertem em desenvolvimento e ampliação de acessos a novos medicamentos, testes diagnósticos, vacinas e outras tecnologias para sua prevenção e controle.

Atualmente, além do incentivo mencionado à pesquisa e à inovação, existe também um crescente movimento por parte da comunidade científica e das agências financiadoras de tornar os trabalhos de pesquisa mais acessíveis à compreensão do público leigo. Por exemplo, em 2010, na reunião anual da AAAS (*American Association for the Advancement of Science*), o tema central foi “*Bridging science and society*”, algo que se traduz em: “construindo pontes entre a ciência e a sociedade”. Naquele ano, na revista *Science*, foi apresentado um artigo no qual é abordada a importância entre a relação da ciência com a sociedade e vice versa. Nele se enfatiza que os maiores problemas que a sociedade enfrenta atualmente, englobam elementos científicos e tecnológicos, e isso implica na necessidade de conhecimento científico pelo público (AGRE & LESHNER, 2010). Segundo os autores, quanto maior o investimento dos países em Ciência e em Educação científica, maior será seu crescimento e fortalecimento econômico, além de melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos.

No Brasil, recentemente, o CNPq tem estimulado os pesquisadores a realizarem atividades de popularização e divulgação da ciência.

“A partir das mudanças tecnológicas que ocorreram na última metade do século XX, causadas principalmente pelo advento da tecnologia da informação e das novas formas de comunicação, a ciência e tecnologia passaram a ser fundamentais e determinantes para o desenvolvimento econômico e social de qualquer país, com consequências diretas para o mercado de trabalho e para a demanda pela qualificação de profissionais. (BRASIL, 2013)”

Da mesma forma, consta das atribuições dos INCT a atividade de divulgação científica.

Tendo em vista a necessidade de nossa sociedade e de nosso país em promover o desenvolvimento com foco na inovação tecnológica é também muito relevante que haja a popularização da ciência, sendo a alfabetização científica uma meta. Justamente neste âmbito se inserem as novas propostas pedagógicas presentes nos PCN+ e na Matriz Curricular do Novo Enem. Este tipo de iniciativa tende a facilitar o entendimento por parte da comunidade de como é feita a Ciência, assim como os propósitos do desenvolvimento desta. Assim, há a formação de uma sociedade mais crítica, havendo também um incentivo para que a juventude se interesse por seguir carreiras científicas.

#### **4.4 DOENÇA DE CHAGAS**

O *Trypanosoma cruzi* (CHAGAS, 1909) é um protozoário e agente etiológico de uma doença frequente nas Américas, principalmente na América Latina. Este protozoário e a doença foram descobertos e descritos pelo grande cientista Carlos Ribeiro Justiniano das Chagas. Ele foi capaz de identificar o agente etiológico, sua biologia no hospedeiro vertebrado e invertebrado, seus reservatórios e diversos aspectos da patogenia e sintomatologia à fase aguda da doença (PEREIRA e NEVES, 2005).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2013), cerca de 8 milhões de pessoas estão contaminadas com o *T. cruzi* no mundo, sendo que estas não estão restritas apenas ao continente americano. Contudo, a doença de Chagas é considerada endêmica na América Latina. Acredita-se que outros continentes, como a Europa e

países como Canadá e os E.U.A possuem casos da doença devido, principalmente, à mobilidade humana.

Uma das formas mais comuns de se contrair a doença é através de transfusão de sangue. Esta representa o segundo mecanismo mais importante para aquisição da doença de Chagas (DIAS & SCHOFIELD, 1999; GOLDENBERG, 2002). O principal mecanismo de adquirir a doença é pelo contato das mucosas com fezes do inseto infectado pelo parasita. Os três insetos vetores de maior importância são *Triatoma infestans*, *Rhodnius prolixus* e *Triatoma dimidiata* (ZELEDON e RABINOVICH, 1981) Segundo Deane (1964), além do ser humano mais de 150 espécies de mamíferos podem ser contaminados pelo parasita.

Segundo Chagas (1909), o ciclo de vida do *T. cruzi* envolve o vetor e um hospedeiro mamífero. O inseto infecta-se ao picar um hospedeiro mamífero infectado que possui formas tripomastigotas circulantes no sangue. Os tripomastigotas ingeridos pelo inseto vetor alcançam a porção média do tubo digestório onde se diferenciam em epimastigotas, formas não-infectivas replicativas (BRENER, 1973; ROCHA, 2010). Na porção terminal do tubo digestório, os epimastigotas diferenciam-se em formas tripomastigotas metacíclicas, formas infectivas (BONALDO *et al.*, 1988) que são eliminadas nas fezes durante o repasto sanguíneo.

Ao realizar o repasto sanguíneo, o triatomídeo muitas vezes defeca, pois necessita eliminar o excesso de peso em vista de alçar voo. Em uma reação inconsciente, a pessoa picada coça o local, espalhando nele fezes contaminadas. O local da picada do triatomídeo provoca uma reação inflamatória que recruta macrófagos para a região. As formas tripomastigotas metacíclicas, ao atingirem o interior da derme, infectam as células de defesa da pele, as Células de Langehans, e transformam-se em amastigotas, passando a multiplicar-se intensamente por divisão binária até o rompimento celular. Neste ponto, diferenciam-se em tripomastigotas, caindo novamente na circulação sanguínea e invadem novas células. Uma resposta imune primária começa a ocorrer, onde alguns macrófagos entram em ação atacando estes protozoários e levando estes até os linfonodos, sendo este local a segunda parada da invasão dos *T. cruzi*.

Após este novo ciclo de divisão celular as amastigotas diferenciam-se para formas tripomastigotas sanguínea, colonizando a corrente sanguínea. Quando estes protozoários estão na circulação, podem ser sugados por um inseto vetor, fechando

assim o ciclo de vida do protozoário (TYLER e ENGMAN, 2001; ALVES e COLLI, 2007).

Os novos tripomastigotas apresentam tropismo por tecidos musculares, como o coração, o esôfago e o cólon. Isto acarreta em quatro formas clínicas da doença: indeterminada, onde não há sintomatologia ligada a órgãos afetados; cardíaca, onde o coração é afetado; digestiva, onde órgãos do sistema digestório são afetados; mista ou associada, onde tanto a forma cardíaca quanto a mista são observadas. Tanto na forma cardíaca quanto na forma digestiva há a destruição dos nervos que se conectam a estes órgãos, afetando desta forma o sistema nervoso periférico autônomo e conseqüentemente o funcionamento dos mesmos.

A patologia da doença de Chagas é uma patologia inflamatória, a qual pode ter um caráter focal ou multifocal em qualquer órgão e em qualquer fase da doença, pois a resposta imunológica interfere na liberação de mediadores da inflamação pelas células parasitadas que sofrem lise devido à reprodução dos parasitas (ANDRADE, 2013).

### **Respostas imunes**

A infecção humana pelo *T. cruzi* pode se dividir em duas fases: aguda e crônica. A fase aguda dura cerca de 4 a 8 semanas e caracteriza-se pela grande quantidade de protozoários no sangue, e ausência de anticorpos circulantes. A fase crônica caracteriza-se pelo baixo ou nulo número de parasitas circulantes e uma robusta resposta humoral, a qual persiste por toda a vida do hospedeiro (DIAS *et al.*, 1956; DIAS, 1984; BOSCARDIN *et al.*, 2010).

Cada fase da doença de Chagas exhibe mecanismos imunológicos distintos, sendo que o controle da infecção na fase aguda depende principalmente da resposta inata, enquanto a fase crônica depende de uma potente resposta humoral, a ativação de células TCD4+, CD8+ e a produção de citocinas (BOSCARDIN *et al.*, 2010).

Segundo Andrade (2013), durante a fase aguda, são apresentadas características de uma infecção generalizada, de gravidade variável, onde o diagnóstico pode ocorrer observando-se a presença do chagoma cutâneo (sinal de Romana) ou então pela análise do sangue periférico, no qual são encontrados os protozoários. Nesta fase ocorre a primeira resposta imune, a resposta inata, onde estão presentes principalmente macrófagos e linfócitos CD4+.

A maioria absoluta dos indivíduos infectados pelo *T. cruzi*, apresentando ou não sintomatologia na fase aguda, evolui para um aparente estado de equilíbrio parasita-hospedeiro, sem manifestações clínicas.

Contudo, a resposta inata tem papel fundamental para o desenvolvimento da resposta adquirida/adaptativa (fase crônica), principalmente, através das células apresentadoras de antígenos (APC), que por seus receptores de reconhecimento padrão (PPR) reconhecem os padrões moleculares associados a patógenos (PAMP) (COELHO-CASTELO, *et al.*, 2009). A interação entre os principais receptores associados a patógenos na resposta contra *T. cruzi* (TLR2, TLR4 e TLR9), estimulam macrófagos e células dendríticas à produção de IL-12 e TNF (citocinas pró-inflamatórias) (OLIVEIRA, *et al.*, 2004 e BAFICA *et al.*, 2006). Estes por sua vez recrutam linfócitos B, os quais se diferenciam em plasmócitos e iniciam a produção de anticorpos.

De acordo com Coelho-Castelo *et al.* (2009), os protozoários podem ser alvos de anticorpos tão logo comece a resposta adquirida/adaptativa. Entretanto, este mecanismo da imunidade humoral não é suficiente para controlar a doença. Muitos parasitas, inclusive o *T. cruzi*, desenvolveram mecanismos de escape do sistema imune, particularmente da resposta imune adaptativa. O *T. cruzi* se aloja em um lugar inacessível ao sistema imune: o músculo cardíaco e o músculo não estriado, formando ninhos de amastigotas (TARLETON & ZHANG, 1999).

Atualmente, uma ferramenta essencial para o diagnóstico da doença de Chagas na fase crônica se caracteriza pelo diagnóstico sorológico, através do microarranjo líquido, o qual identifica os anticorpos associados à resposta adaptativa. Este assunto, o diagnóstico de doenças, é tema central do INDI-Saúde.

Com relação ao combate da doença, o controle do vetor (triatomídeo) continua sendo uma eficiente profilaxia, tanto que no ano de 2006, o Ministério da Saúde do Brasil recebeu a Certificação Internacional de eliminação da transmissão da doença de Chagas conferida pela Organização Pan-Americana da Saúde e concedida pela OPS/OMS (CASTRO & SOEIRO, 2013). Esta se pautou na comparação da captura de *T. infestans* entre os anos de 1979 e 2005, onde houve uma redução de 80 mil para apenas pouco mais 40 capturas no ano. Ainda segundo Castro e Soeiro (2013), apesar dos avanços alcançados no controle do vetor da doença, esta ainda representa um desafio, pois existem diversas situações de risco relacionadas à doença (grande número de vetores e reservatórios, assim como variadas formas de transmissão), por não se dispor de medidas profiláticas e esquemas terapêuticos mais eficientes, menos tóxicos e

de baixo custo, e pela falta de entendimento da evolução da doença crônica. Com vista neste panorama, não se pode considerar esta doença como candidata a eliminação ou erradicação mundial com as atuais ferramentas de controle.

O tratamento clínico utiliza dois medicamentos, o benzonidazol e o nifurtimox, os quais não são mais disponíveis comercialmente em nosso país. Entretanto, nenhum destes é ideal, devido aos efeitos colaterais, e por não ter efeito na fase crônica da doença, entre outros problemas. O desenvolvimento de novas drogas para o combate ao parasita não se mostra interessante às indústrias farmacêuticas, estando entre os problemas o alto custo dos investimentos e a falta de um mercado potencial e seguro nos países em desenvolvimento. Neste sentido, é apontado que das 1393 novas drogas desenvolvidas entre os anos de 1975 e 1999, menos de 1,1% foram dirigidas para as doenças que são classificadas de negligenciadas (tropicais) (CASTRO & SOEIRO, 2013).



## 5 O OBJETO EDUCACIONAL: DOENÇA DE CHAGAS

O propósito deste OE é demonstrar como ocorre a produção de anticorpos, pois este é um assunto diretamente ligado aos objetivos do INDI-Saúde e que encontra contrapartida no ensino de Biologia.

O foco temático do OE é a doença de Chagas, sua escolha não se deu por acaso, o tema foi escolhido por ser uma realidade a nível nacional. Além disso, após ser feito um levantamento de OE nas bases de dados do BIOE, do RIVED e no Portal de Periódicos Capes, não foram encontrados OE interativos que retratassem o ciclo da doença e as respostas imunes relacionadas a ela.

Para fins de pesquisa, no BIOE foram 14 os resultados da busca pela palavra-chave ‘chagas’, sendo 2 deles não relacionados à doença de Chagas. Dos 12 resultados positivos, 8 são *podcasts* (áudio); 2 são animações em *flash*; 1 vídeo; 1 imagem (BIOE, 2013). Buscando pela palavra-chave “*trypanosoma*”, resultam 12 resultados, sendo 2 animações em flash (as mesmas da busca anterior); 7 animações em flash não relacionadas a doença de Chagas; 1 vídeo (o mesmo da busca anterior); 2 podcasts (áudio) ( os mesmos da busca anterior).

No RIVED a busca pela palavra-chave “*trypanosoma*” não resulta em nenhum OE sobre a doença de Chagas, da mesma forma que buscando pela palavra-chave “Chagas” (RIVED, 2013). O RIVED foi um programa da Secretaria de Educação a Distância que teve seus trabalhos iniciados em 1997 e descontinuado em 2004, tendo como propósito o desenvolvimento de OE.

Já no Portal de Periódicos Capes, foi realizada uma busca avançada sobre os assuntos ‘chagas’, ‘*trypanossoma*’ e ‘objetos educacionais’. Contudo, não resultaram em produções relacionadas à área de Ensino utilizando Tecnologias Educacionais.

Para inspirar o desenvolvimento do material, foi feita uma extensa revisão bibliográfica em livros e artigos que datam desde 1909, inclusive de autoria do próprio Chagas (CHAGAS, 1909), até 2010 em revistas científicas conceituadas, como o *Journal of Cellular and Molecular Medicine* (BOSCARDIN, *et al.*, 2010).

Para a elaboração e estruturação do conteúdo, foram desenvolvidos roteiros (Material suplementar I) que contemplam como público alvo alunos do 2º ano do ensino Médio e os conteúdos de parasitologia (doença de Chagas transmissão e infecção),

resposta imune primária e resposta imune secundária, além de Biologia celular e molecular, presentes nos PCN+ (BRASIL, 2002) e na Matriz Enem (ENEM, 2009).

O conteúdo foi desenvolvido no programa *Adobe® Flash® Player* (versão CS4 programado em *Action Script 2.0*), estando disponibilizado o arquivo aberto (.fla), para que qualquer pessoa que queira modificá-lo possa fazê-lo, estando este sobre a licença *Creative Commons - Atribuição-Não-Comercial-Compartilhamento-Igual* (CC BY-NC-SA). Ele também foi elaborado para, inicialmente, possuir 7 telas interativas no total. A interação do usuário com o programa se dá por meio de cliques com o *mouse*, ou então com as setas do teclado.

## 5.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Existem diversas instituições públicas e privadas que desenvolvem materiais educacionais. Contudo, nem sempre os produtos disponibilizados vão de encontro às necessidades específicas no processo ensino-aprendizagem. Isto não quer dizer que não possuam qualidade técnica, mas em alguns casos falta a qualidade pedagógica, algo que pode ser evitado havendo um bom planejamento dos processos relacionados ao desenvolvimento do OE. Neste sentido Amoroso e Morgado (2001) citam:

“Conceber, planificar e desenvolver aplicações educativas requer, no entanto, a passagem por um conjunto de fases que, no seu conjunto, determinam em grande parte a qualidade do produto final. Quer o desenvolvimento deste tipo de produtos seja assumido por uma equipa, quer se trate de uma produção individual, deve assentar numa planificação que contemple aspectos de natureza diversa, não só porque isso será um primeiro passo para assegurar a qualidade, como referimos, mas também porque uma planificação cuidada permitirá ganhar muito tempo evitando grandes reformulações durante, ou mesmo no final, da fase de programação. (AMOROSO & MORGADO, 2001)”

Complementando os trabalhos destas pesquisadoras, alguns modelos são mencionados na literatura no que tange aos processos para o desenvolvimento de OE. Os autores propõem comumente a divisão do projeto em 4 ou 5 etapas que possuem basicamente o mesmo propósito (JOHNSON, 1992; VAUGHAN, 1993; COSTA, 1998; AMOROSO & MORGADO, 2001).

Para o desenvolvimento deste Objeto Educacional, foi criado um fluxo de produção adaptado de Martins (2010), também baseado nos autores supracitados, a fim

de haver o devido controle durante seu desenvolvimento, o processo de gerenciamento do projeto foi dividido em quatro fases:

- **Fase de planejamento:** foram definidos os objetivos, a viabilidade, o cronograma e planejamento, a estratégia de implementação, prazos, custos e formação da equipe.

- **Fase de pesquisa e execução:** onde houve o desenvolvimento do roteiro para a criação do OE, ilustrações e programação do produto.

- **Fase de monitoramento e controle:** monitoria periódica do andamento do projeto, com vistas à qualidade e identificação de desvios em relação ao planejamento, buscando desta forma corrigir as possíveis falhas.

- **Fase de encerramento:** realizados os testes visando possíveis falhas, formalizado a aceitação do produto entregue sendo disponibilizado o produto para utilização.

### **Fase de planejamento**

O ponto de partida para desenvolver qualquer produto se baseia na demanda e nas contribuições deste para o mercado. Caso contrário, tempo e trabalho serão despendidos sem que haja um retorno significativo tanto para consumidores quanto para os seus produtores. Neste trabalho, foi feito um levantamento em bases de dados de OE sobre o tema de doença de Chagas, assim como o próprio processo de criação de um OE, mencionados anteriormente.

Como o objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um Objeto Educacional baseado nas experiências e pesquisas relacionadas ao INDI-Saúde e voltado para o ensino de Biologia, alguns pontos foram indispensáveis para compor o escopo do desenvolvimento do produto durante a fase de planejamento, tais como: o público alvo; duração/tamanho do OE; conteúdo trabalhado; plataforma, ou *software* de programação. Todos esses fatores foram importantes para nortear a produção e evitar possíveis falhas nas metas estabelecidas.

Um fator muito importante analisado na etapa de pesquisa foram as possibilidades tecnológicas em que o OE iria ser programado. Isso se deu devido à rapidez com a qual novas tecnologias surgem e outras se tornam obsoletas. Por isso os

produtos devem se adequar a estas mudanças, fato que foi decisivo na escolha da licença *Creativecommons*, pela qual o produto foi submetido, a qual permite a utilização irrestrita e adaptação do OE de acordo com as necessidades de cada usuário.

Um exemplo desta mudança remete ao surgimento e disseminação dos dispositivos móveis (*tablets* e *smartphones*) que são pequenos computadores com sistemas operacionais onde rodam diversos tipos de *softwares*, os *applets* ou *apps*. Estes dispositivos móveis estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, principalmente devido a sua facilidade de utilização e capacidade de processamento semelhante, e às vezes, superior a de um *desktop*.

Um destes programas é o *Flash Player* da empresa *Adobe*, *software* que, devido a sua facilidade de programação e funcionalidade em desenvolver animações de forma otimizada, é largamente utilizado para desenvolver aplicativos para computadores. Entretanto foi anunciado que este *software* não será mais atualizado para dispositivos móveis, sendo progressivamente retirado do mercado. Isso levou a escolha de dois caminhos para a produção do OE. Uma delas foi a produção no programa em *Flash Player*®, no qual há uma maior possibilidade de serem exploradas funcionalidades como animações. Contudo, como este *software* não possibilita sua utilização em alguns dispositivos móveis, houve também a migração deste para a plataforma HTML5. Com isso algumas funcionalidades serão afetadas, porém de acordo com o panorama na qual o *Mobile Learning* está ganhando destaque, o OE será muito mais disseminado desta forma (MARÇAL, ANDRADE & RIOS, 2005).

Ainda nesta fase de planejamento, foram feitos os contatos com a equipe para produção deste OE. A equipe foi integrada por dois *designers*, Priscila Oliveira Lisboa e Wilison França, os quais desenvolveram as ilustrações e parte da programação (em *flash*), e um programador, Leonardo Presoto, este responsável exclusivamente pela migração do arquivo em swf. para HTML5. Outros colaboradores foram pesquisadores relacionados ao próprio INDI-Saúde, Leonardo Foti, Samuel Goldenberg e Marco Aurelio Krieger.

### **Fase de pesquisa e execução**

Para confeccionar o OE foi necessário realizar uma extensa pesquisa bibliográfica em livros, periódicos e portais especializados acerca da doença de Chagas

e temas relacionados ao INDI-Saúde. Ao final desta, foi confeccionado um roteiro para a equipe se basear e seguir com a produção do OE. Este documento é o ‘projeto mestre’ para a criação do *software*, nele constam informações relevantes como critérios para serem desenvolvidas as ilustrações, como devem ser programadas cada parte e suas respectivas funcionalidades, textos que devem ser inseridos, assim como informações pertinentes à equipe acerca do conteúdo trabalhado, a fim de que não sejam feitos erros conceituais à medida que o objeto esteja sendo criado (Material suplementar I).

Para cada parte da equipe (*designer*, programador e autor) são escolhidas cores para o texto de forma que cada um saiba o que deve ser feito em cada parte do desenvolvimento do conteúdo. Por exemplo: no documento, o que estiver escrito em preto, é o texto que deve aparecer na tela; o texto que estiver em verde, são os comandos e funcionalidade que o programador deve inserir; o texto em laranja são as orientações para os *designers*.

Com relação ao texto que irá aparecer em cada tela do OE, é importante salientar que este deve ser curto e objetivo, pois a intenção desta ferramenta não é a de substituir os livros didáticos, porém servir como um eficiente mecanismo suplementar ao moderno processo de ensino-aprendizagem (SANTANA, ROSSINI e PRETTO, 2012).

### **Fase de monitoramento e controle**

Ao longo do processo de produção é muito importante estipular momentos em que o produto em desenvolvimento seja analisado com vistas a identificar alguma falha ou erro que está sendo cometido. Isso é importante para evitar ‘retrabalho’ e com isso, elevar os custos, assim como ultrapassar o cronograma estipulado. Isto tendo em vista que a equipe de *designers* foi contratada por um valor previamente estipulado.

A primeira análise é realizada logo após a autoria do roteiro. No caso deste OE, a análise foi realizada por um pesquisador especialista em Biologia ligado ao INDI-Saúde, Leonardo Foti. Esta análise crítica se mostrou muito importante, pois pode identificar alguns pontos onde estavam faltando partes conceituais relacionadas à doença de Chagas. Outra contribuição desta interação foi esclarecer algumas dúvidas sobre os mecanismos imunológicos da fase crônica da doença.

Estando o roteiro pronto para iniciar a produção, o segundo ponto para monitoramento é logo após o término das ilustrações. Esta etapa serve para corrigir possíveis erros, principalmente na ordem cronológica dos acontecimentos e também erros relacionados, neste caso, à estrutura anatômica dos protozoários e respostas imunes.

Com as ilustrações estando de acordo é dado início a programação. Ao final desta etapa é realizada a última fase de monitoramento e iniciam-se os testes no produto. É importante frisar que sempre após uma etapa de monitoramento, havendo erros ou novos ajustes, estes são retificados e nova análise é realizada até que o produto satisfaça os objetivos.

### **Fase de encerramento**

Esta é a última etapa do projeto em que os testes são realizados buscando possíveis falhas e *bugs* (erro de funcionamento de um *software*) que possam existir no produto. É neste ponto onde todas as atividades que possam estar pendentes devem ser finalizadas para que o projeto possa ser finalizado.

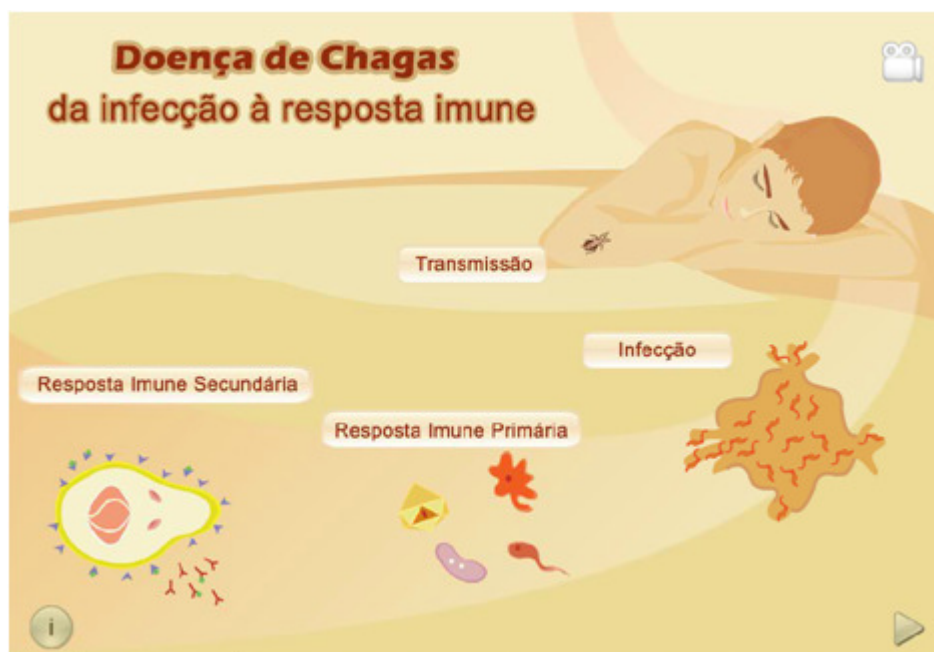
Faz-se prudente guardar todos os documentos e arquivos que foram gerados durante o processo para uso e consultas futuras. É neste momento que o OE passará a ser divulgado e disponibilizado para a população em geral. Foi escolhido para este trabalho deixar todos os arquivos, código fonte e executável abertos para o público. Dessa forma qualquer pessoa terá a possibilidade de utilizar o OE, assim como alterar de acordo com sua vontade o mesmo. Inclusive, pesquisadores do FCET poderão se aprofundar, a partir desta experiência, na criação de mais e melhores OE.

Para tanto a escolha da licença com a qual o produto ficará submetido é muito importante. No caso deste OE foi escolhida a licença CC BY-NC-AS, já discutida anteriormente (p.13).

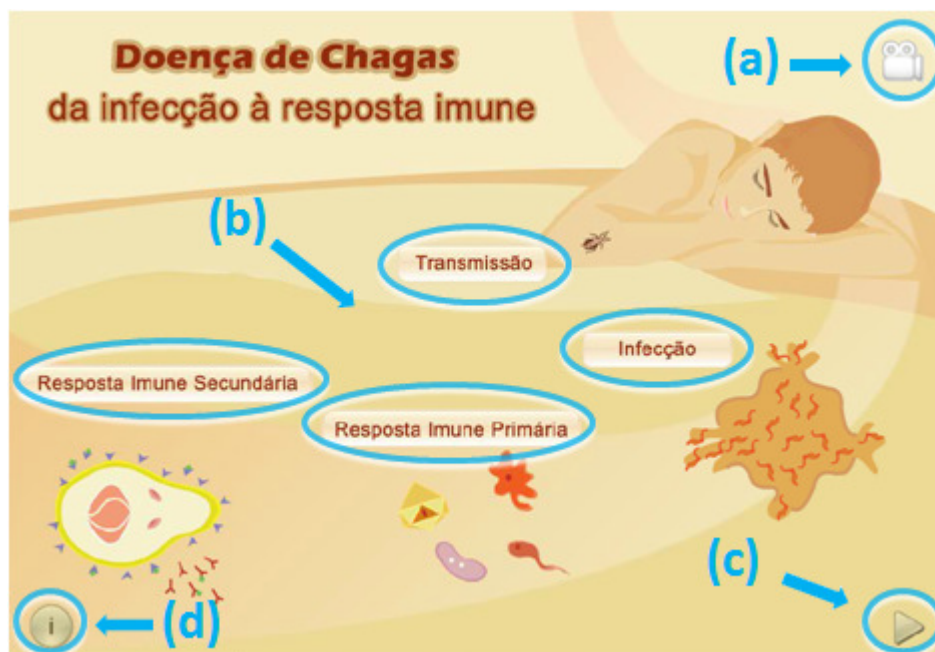
Nesta etapa, também foi desenvolvido um manual de instruções para utilização do OE, visando a introdução deste aos usuários (Material suplementar II), assim como um apanhado teórico sobre a doença da Chagas. Esta última parte servirá como ponto de apoio aos professores/tutores caso necessitem de informações precisas e conexas sobre esta doença. Já para os alunos, esta revisão teórica auxilia na compreensão do assunto abordado no OE.

## 5.2 OBJETO FINALIZADO

O OE finalizado é composto por 7 telas, sendo a primeira relativa à capa (Figura 1). Esta tela é interativa e possui 7 botões clicáveis, cada um com uma função específica (Figura 2). O botão indicado pela letra (a) leva a uma entrevista com o coordenador do INDI-Saúde, Dr. Samuel Goldenberg, na qual comenta a importância da doença de Chagas para o desenvolvimento do kit de diagnóstico de doenças. Os quatro botões indicados pela letra (b), possibilitam a navegação pelas telas subsequentes: Transmissão, Infecção, Resposta imune primária, Resposta imune secundária. O botão indicado pela letra (c) permite o acesso direto para a primeira parte do conteúdo, a Transmissão. Já o botão indicado pela letra (d), corresponde aos créditos pela produção do OE.



**Figura 1** - Tela inicial do OE referente à capa.



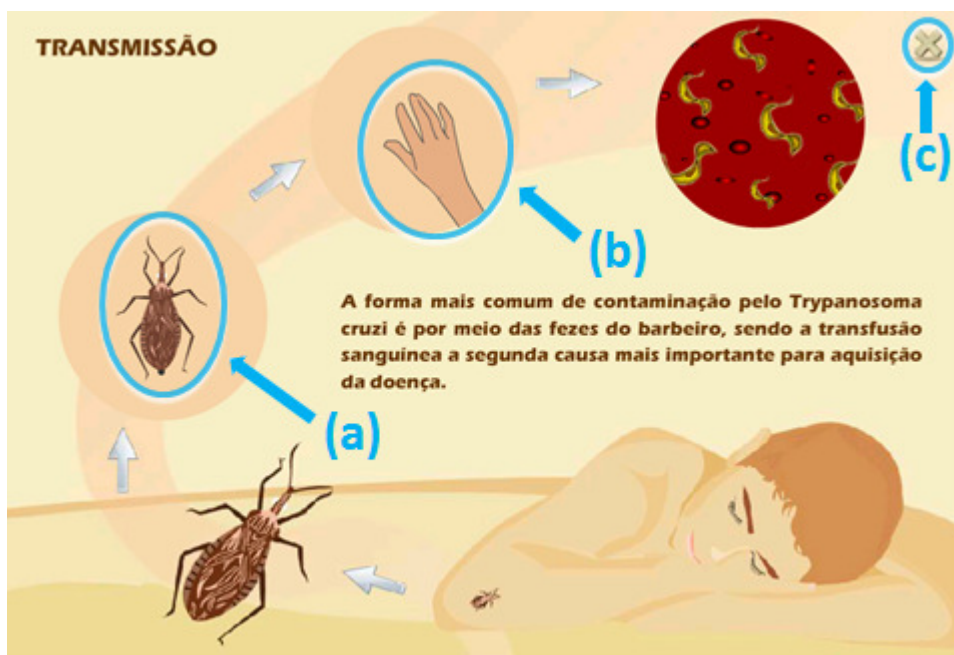
**Figura 2** - Tela inicial com as marcações de funcionalidade de cada botão. (a) vídeo com a entrevista do coordenador do INDI-Saúde, Dr. Samuel Goldenberg; (b) botões de navegação para as telas da doença de Chagas; (c) botão de acesso direto para a tela de 'Transmissão'; (d) botão com os créditos da produção.

A segunda tela do OE traz informações de como ocorre a forma mais comum de transmissão do protozoário *T. cruzi*. Esta tela demonstra o local da picada do triatomídeo (barbeiro), a qual provoca uma relação inflamatória que pode causar icterícia (Figura 3). Esta tela possui um texto base no centro e a partir desta leitura deve se seguir a observação das ilustrações em sentido horário começando pela pessoa dormindo. As duas áreas indicadas pelas letras (a) e (b) apresentam animações de como ocorre a picada e posterior contaminação com o *T. cruzi* (Figura 4). Para observar as animações, basta mover o cursor na área indicada. Ao término da leitura desta tela é necessário clicar no botão indicado pela letra (c), o qual retorna para a capa.





**Figura 3** - Tela referente à transmissão do protozoário *Trypanosoma cruzi* pelo seu vetor.



**Figura 4** - Tela referente à transmissão do protozoário com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) animação do repasto sanguíneo; (b) animação da pessoa coçando o local da picada e se contaminando com as fezes contaminadas; (c) botão para retornar à capa.

A terceira tela (Figura 5) demonstra como ocorre a infecção, informando as mudanças que ocorrem com o protozoário, suas formas de reprodução e como este atinge os diversos tecidos do corpo. A leitura desta tela, como informa o texto ao centro, deve ocorrer em sentido anti-horário, iniciando pelo local indicado pela letra (a) e seguindo respectivamente pelas outras ilustrações (Figura 6). Da mesma forma que a tela anterior, ao término, clicar sobre o botão indicado pela letra (b).



Figura 5 - Tela referente à infecção pelo *T. cruzi*.

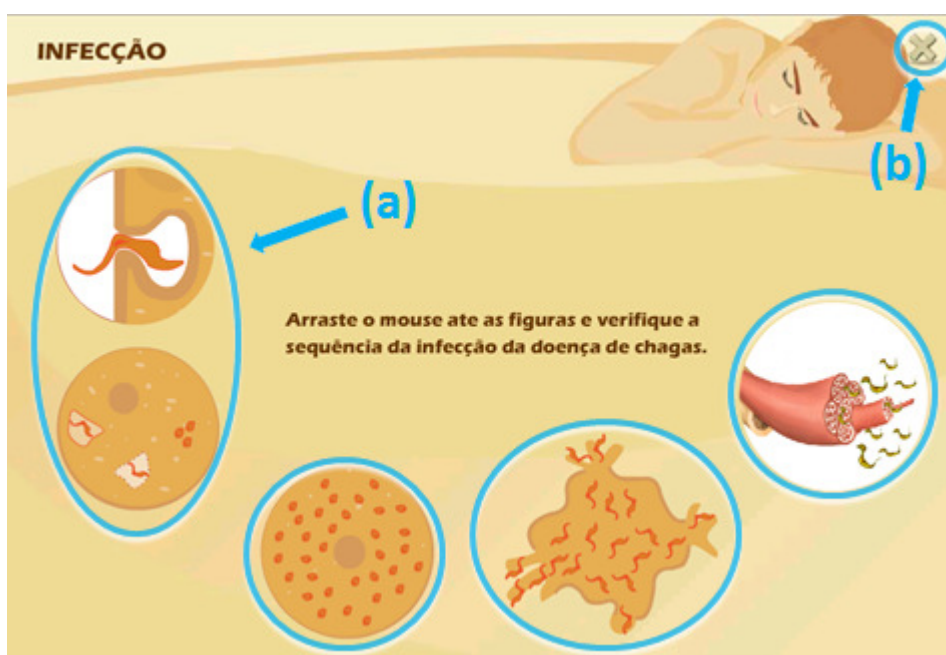
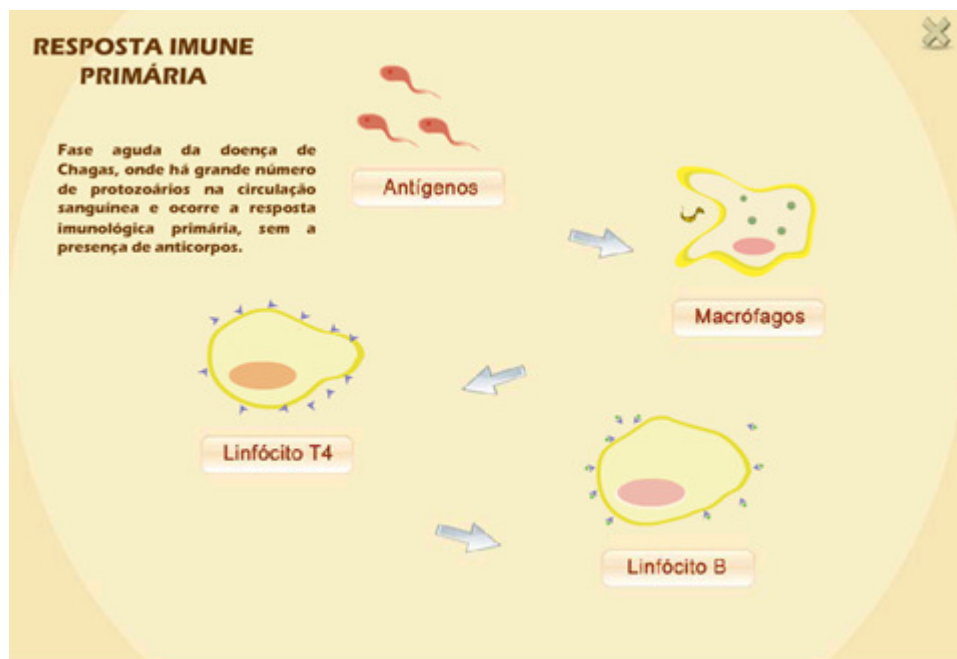


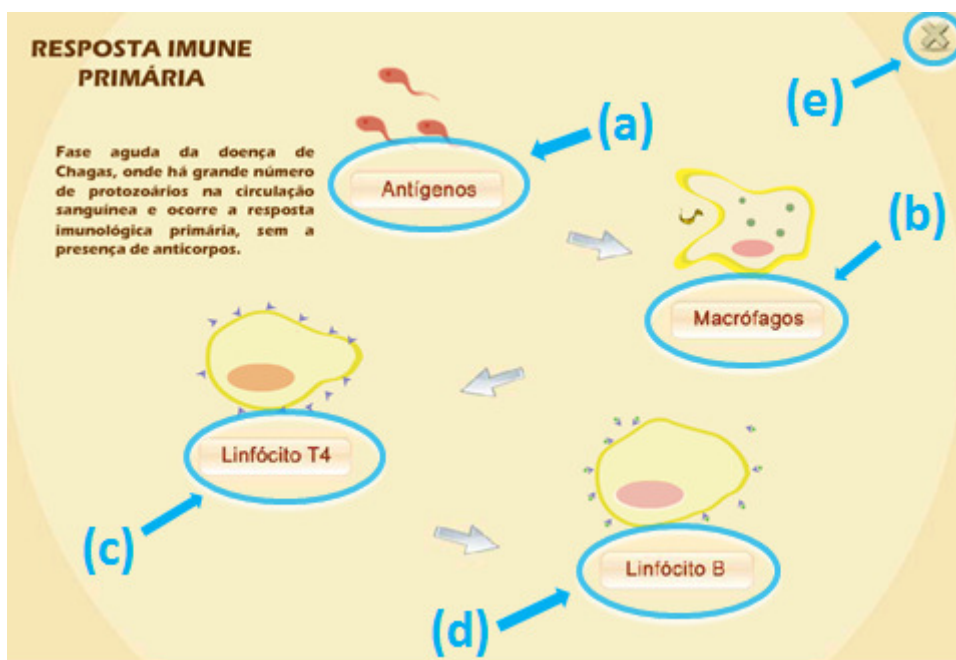
Figura 6 – Tela referente à infecção pelo do protozoário com as marcações de funcionalidade de cada área e botões.  
 (a) área pela qual a leitura deve ser iniciada, seguindo o sentido anti-horário; (b) botão para retornar à capa.

A quarta tela trata da resposta imune primária, conhecida como fase aguda da doença. A fase aguda tem curta duração e caracteriza-se pela grande quantidade de protozoários no sangue, e ausência de anticorpos circulantes (DIAS *et al.*, 1956; DIAS, 1984; BOSCARDIN *et al.*, 2010). Contudo, esta fase da doença é essencial para o aparecimento da segunda fase da doença, conhecida como fase crônica, onde será

produzida grande quantidade de anticorpos (Figura 7). Esta tela possui no canto superior esquerdo um texto base e quatro áreas, que em sequência, apresentam a cadeia de acontecimentos durante esta fase da doença. A leitura deve se iniciar pela área indicada pela letra (a) e seguir respectivamente pelas áreas (b), (c) e (d), onde uma nova ilustração estará presente em cada uma destas (Figura 8). Para abrir a ilustração e textos de cada área, basta mover o cursor por cima destas. Ao término clicar sobre o botão indicado pela letra (e).

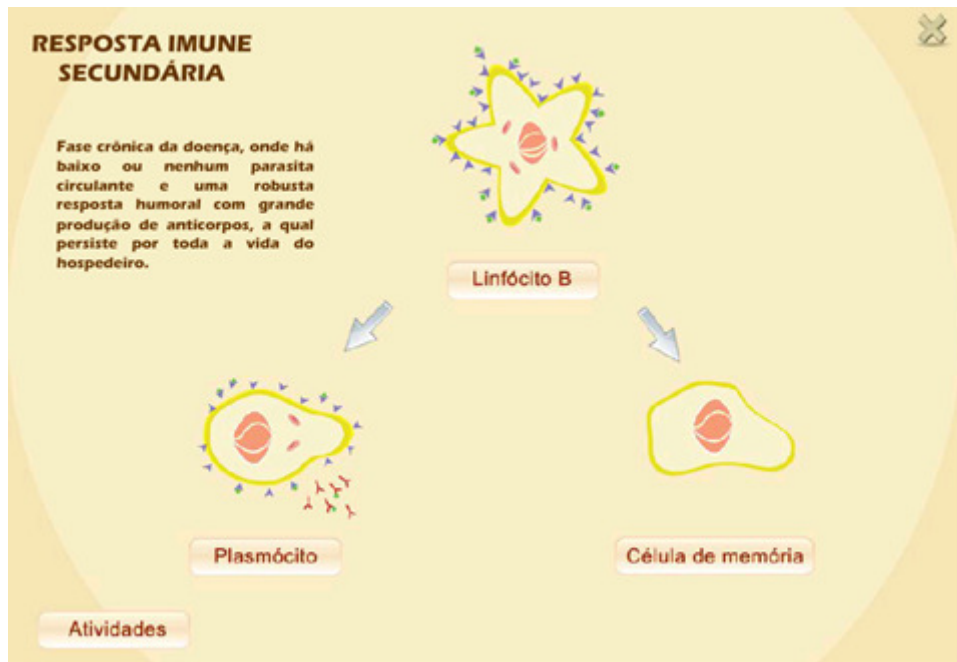


**Figura 7** - Tela referente à resposta imune primária.

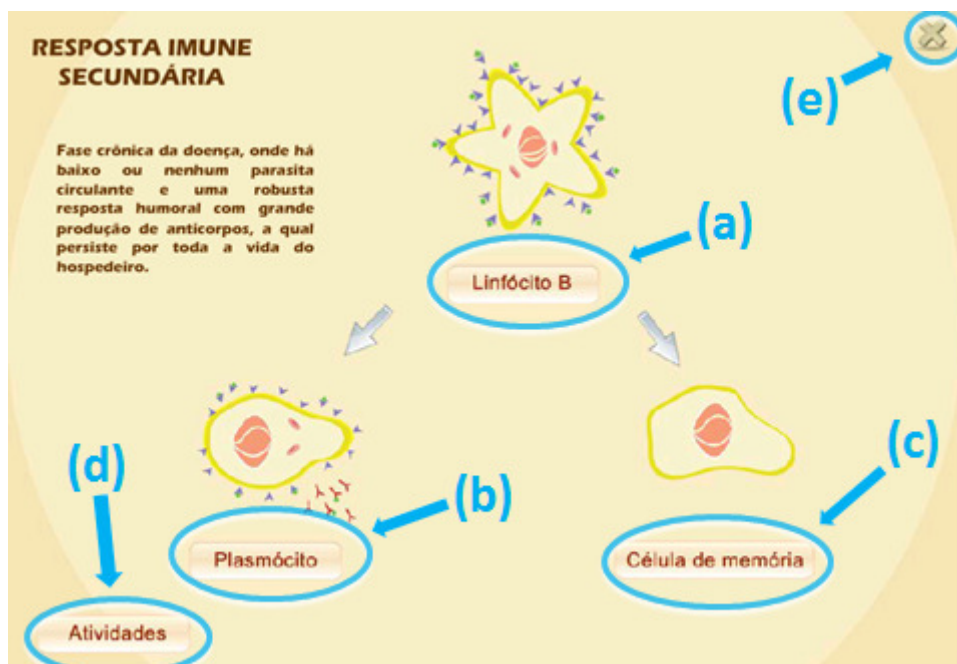


**Figura 8** - Tela referente à resposta imune primária com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) botão referente aos antígenos; (b) botão que demonstra a ação dos macrófagos; (c) botão que demonstra a relação entre os macrófagos e os linfócitos TCD4+; (d) botão que finaliza a resposta imune primária; (e) botão para retornar à capa.

A quinta tela traz a resposta imune secundária, também conhecida como resposta humoral, onde também é produzida grande quantidade de anticorpos (Figura 9). Esta tela também possui um texto base no canto superior esquerdo e sua navegação deve seguir a sequência indicada pelas letras (a), (b) e (c), respectivamente (Figura 10). Ao final desta, o usuário pode seguir dois caminhos: encerrar sua navegação pelo OE clicando sobre o botão indicado pela letra (e); ou acessar a área de atividades, indicada pela seta (d).



**Figura 9** - Tela referente à resposta imune secundária.

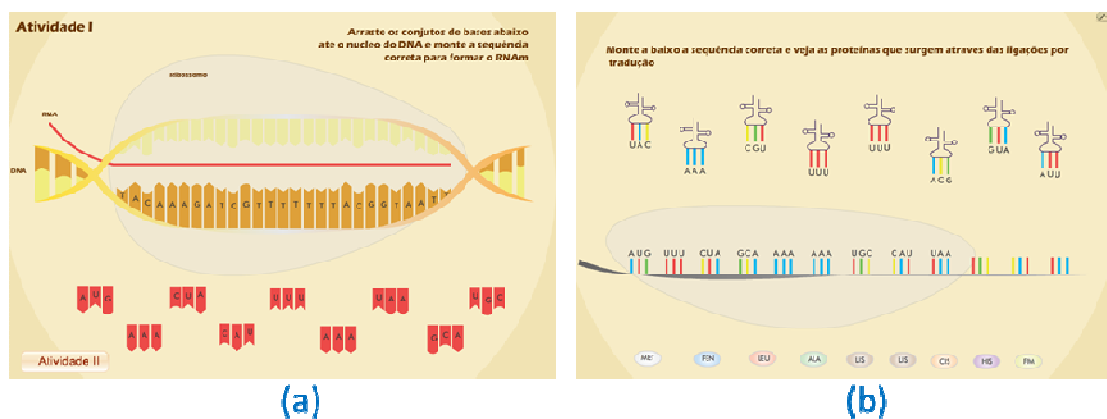


**Figura 10** - Tela referente à resposta imune secundária com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) botão que explica a ação dos linfócitos B; (b) botão que explica a ação e função dos plasmócitos; (c) botão que explica como funcionam as células de memória; (d) botão que leva às atividades; (e) ) botão para retornar à capa.

Como o foco das pesquisas do INDI-Saúde é o desenvolvimento de tecnologias para o diagnóstico de doenças e, dado que o teste desenvolvido se baseia na identificação do complexo antígeno e anticorpo (INDI-Saúde, 2009), um dos pontos-chave deste objeto educacional é reconhecer como ocorre a produção dos anticorpos. Para isso foram incluídas duas atividades que demonstram como os plasmócitos

produzem os anticorpos (do DNA à proteína), que são uma classe de proteínas importantíssimas na defesa de nosso corpo (ABBAS e LICHTMAN, 2005) (Figura 11).

Na primeira atividade (Figura 11a), é possível realizar a transcrição de um gene presente na molécula de DNA em uma molécula de RNAm. Para tanto, o usuário deve realizar o pareamento das bases nitrogenadas, selecionando-as e arrastando para o local correto. Terminada esta atividade, é possível passar para a segunda atividade (Figura 11b), onde o objetivo é realizar a tradução da molécula de RNAm. Isso é feito selecionando as moléculas de RNAt, que possuem a sequência do anticódon, e arrastando-as até seus respectivos códons. Ao finalizar esta atividade é montada a cadeia polipeptídica e um anticorpo é formado.



**Figura 11** - (a) Atividade demonstrando a molécula de DNA com a informação para produção dos anticorpos; (b) Atividade II que demonstra como é montada a cadeia polipeptídica referente ao anticorpo.

## 6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O processo de desenvolvimento de OE é uma tarefa que demanda muito esforço, grandes investimentos em recursos humanos e financeiros (TAROUCO, FABRE e TAMUSIUNAS, 2003). A necessidade de haver um processo de gerenciamento de projetos se deve para que haja um melhor controle na cadeia produtiva. Com isso, é possível lidar com mais eficiência perante os riscos inerentes à execução das diferentes etapas, integrando mecanismos de controle que minimizam possíveis erros e, com isso, garantir a finalização satisfatória do trabalho.

Tendo isso em vista, a proposta de um guia descrevendo o tempo necessário, a equipe multidisciplinar que é exigida para sua construção, assim como a descrição de falhas e possíveis padronizações ao longo do processo é algo importante para se assegurar recursos educacionais de qualidade.

Desenvolver um OE requer alguns cuidados especiais principalmente na fase de planejamento no tocante ao “como utilizá-lo”. Como qualquer produto, os OE são recursos, por mais simples que alguns possam ser, que necessitam de explicações de como funcionam e de que forma é possível utilizá-los para o ensino. Isso é muito importante, tendo em vista que professores do ensino básico possuem carga horária estafante, sem contar os trabalhos extraclasse, dessa forma não havendo muitas vezes tempo hábil para explorar todas as funcionalidades dos recursos disponíveis.

“No atual modelo, muitas são as atribuições impostas ao professor, aparte de seu interesse e muitas vezes de sua carga horária. Além das classes, deve fazer trabalhos administrativos, planejar, reciclar-se, investigar, orientar alunos e atender as visitas de pais. Também deve organizar atividades extra-escolares, participar de reuniões de coordenação, seminários, conselhos de classe, efetuar processos de recuperação, preenchimento de relatórios bimestrais e individuais relativos às dificuldades de aprendizagem de alunos e, muitas vezes, cuidar do patrimônio, material, recreios e locais de refeições (CARLOTTO, 2002).”

Por esta razão, o desenvolvimento de um manual de apoio para a utilização do OE, assim como um vídeo expondo uma possibilidade de intervenção em uma aula expositiva é importante. Com isso o professor consegue ter uma ideia de como utilizar o OE em sua prática didática.

Este tipo de intervenção é importante também no que se refere a formação continuada dos professores, pois não são todos professores que estão habituados com as novas tecnologias.

“Não basta apenas dotar as escolas com novas tecnologias, comprando equipamentos sofisticados e aumentando o espaço físico, sendo necessário formar e preparar o professor para que ele tire o melhor proveito destas tecnologias que estão à sua disposição (MERCADO, 1999).”

Com base no exposto, o objetivo geral do trabalho foi atingido: um OE sobre doença de Chagas, tendo como apoio assuntos de pesquisa desenvolvidos no INDI-Saúde, está pronto e disponível para a comunidade escolar. No mesmo sentido, os materiais de apoio com uma revisão teórica sobre a doença de Chagas e o guia de utilização do OE também estão à disposição.

A próxima etapa é disponibilizar o OE no repositório BIOE, pois este é um processo sujeito a algumas etapas como: submissão inicial; verificação da pertinência; correção de metadados; disponibilização na web.

Contudo, o OE já está acessível ao público no portal Ciência Curiosa <<http://www.cienciacuriosa.com.br/>>, produto do mestrado profissional do PPGFCET de Sam Adam Hoffmann orientado pelo professor Nestor Cortez Saavedra Filho, assim como os materiais de apoio.

Espera-se que este trabalho sirva de apoio para o desenvolvimento de materiais educacionais subsequentes. Da mesma forma, há a possibilidade de explorar assuntos relacionados ao INDI-Saúde de grande relevância no contexto econômico e social para o ensino.



## 7 REFERÊNCIAS

AGRE, P.; LESHNER, A. I. **Bridging Science and Society**. Science, V. 327, nº 5968 p. 921. 2010

AJZEN, I.; FISHBEIN, M. **Attitude-behavior relations: a theoretical analysis and review of empirical research**. Psychological Bulletin, n. 84, p.888-918, 1977.

ALVES, M. J.; COLLI, W, 2007. **Trypanosoma cruzi: adhesion to the host cell and intracellular survival**. IUBMB life. Apr-May; 59(4-5):274-9. 2007.

AMANTE, L; MORGADO, L. **Metodologia de Concepção e Desenvolvimento de Aplicações Educativas: o caso dos materiais hipermedia**. Revista Discursos: língua, cultura e sociedade, Lisboa, v. 3, n. especial, p. 27-44. 2001.

AMOROSO, D. L.; CHENEY, P. H.. **Testing a causal model of end-user application effectiveness**. Journal of Management Information Systems. v. 1, n. 8, p. 63-89, 1991. Disponível em: <[http://www.univ-ab.pt/~lmorgado/Documentos/mat\\_hipermedia.pdf](http://www.univ-ab.pt/~lmorgado/Documentos/mat_hipermedia.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2013.

ANDRADE, Z. A. **A patologia da doença de Chagas**. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/chagas/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=26>>. Acesso em: 02 jun. 2013

AULER, D; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científico-tecnológica para que?**. Pesquisa em Educação em Ciências. V. 03, N 1. Jun.2001.

BAFICA, A.; SANTIAGO, H. C.; GOLDSZMID, R.; ROPERT, C.; GAZZINELLI, R. T.; SHER, A.; CUTTIN **edge: TLR9 and TLR2 signaling together account for MyD88-dependent control of parasitemia in Trypanosoma cruzi infection**. J Immunol;177:3515-9. 2006.

BIOE. Banco Internacional de Objetos Educacionais.. **Manual de procedimentos - Normas e Procedimentos para Validação de Obras Intelectuais**. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/retrievefile/procedimentos>>. Acesso em: 12 fev. 2013

BIOE. **Banco Internacional de Objetos educacionais**. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/search?query=chagas>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

BONALDO, M.; SOUTO-PADRON, T.; de SOUZA, W.; GOLDENBERG, S. **Cell-substrate adhesion during *Trypanosoma cruzi* differentiation**. J Cell Biol. April 1; 106(4):1349-1358. 1988.

BOSCARDIN, S. B; TORRECILHAS, A. C.; MANARIN, R.; REVELLI, S.; REY, E. G.; TONELLI, R. R. *et al.* **Chagas disease: an update on immune mechanisms and therapeutic strategies**. J Cell Mol Med. Jun;14(6B): 1373-84, 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência & Tecnologia. CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico. **Por que popularizar?** 2013. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/web/guest/por-que-popularizar>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Ciência & Tecnologia. CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico. **Programa Institutos Nacionais de C & T**. 2008 Disponível em: <[http://memoria.cnpq.br/editais/ct/2008/docs/015\\_anexo.pdf](http://memoria.cnpq.br/editais/ct/2008/docs/015_anexo.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

BRENER, Z. **Biology of *Trypanosoma cruzi***. Annu Ver Microbiol. 27:347-82. 1973.

CANTINI, M. C. **Políticas públicas e formação de professores na área de tecnologia de informação e comunicação nas escolas públicas estaduais**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008.

CARLOTTO, M. S. **Burnout e o trabalho docente: considerações sobre a intervenção**. Revista eletrônica InterAção Psy. Ano 1, nº 1, p.12-18, Ago 2003

CASTRO, S. L. SOEIRO, M. N. **A pesquisa de novas drogas para o tratamento da doença de Chagas**. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/chagas/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=124>>. Acesso em: 02 jun. 2013

CHAGAS, C. **Nova tripanozomíase humana. “Estudos sobre a morfologia e o ciclo evolutivo do *Schizotrypanum cruzi* n. SP, agente etiológico de nova entidade mórbida do homem”**. Mem Inst Oswaldo Cruz. 1:159-218. 1909.

COELHO-CASTELO, A. A. M.; TROMBONE, A. P. F.; RCHA, C. D.; LORENZI, J. C. C. **Resposta imune a doenças infecciosas**. Medicina (Ribeirão Preto); 42(2):127-42. 2009.

COSTA, F. A. **“Concepção de sistemas de formação multimédia: elaboração de um Guião de Autor”**, in: Actas do 3º Simpósio Investigação e Desenvolvimento de *Software* Educativo. Évora, 1998. Disponível em: <<http://www.minerva.uevora.pt/simposio/>>.

CREATIVECOMMONS. **Sobre as Licenças**. Disponível em: <<http://creativecommons.org/licenses/>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R.. **User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models**. Management Science. v. 8, n. 35, p. 982–1003, 1989.

DEANE, L. M. **Animal Reservoirs of *Trypanosoma cruzi* in Brazil**. Rev Bras Malariol Doenças Trop. Jan-Mar; 16:27-48. 1964.

DIAS, E.; LARANJA, F. S.; MIRANDA, A.; NOBREGA, G. **Chagas’ disease; a clinical, epidemiologic, and pathologic study**. Circulation. Dec;14(6):1035-60. 1956.

DIAS, J. C. **[General aspects of the prevention of Chagas’ disease in Brazil]**. Rev Paul Med. Nov-Dec;102(6):279-81. 1984.

DIAS, J. C. P. & SCHOFIELD, C. J. **The evolution of Chagas disease (American Trypanosomiasis) control after 90 years since Carlos Chagas discovery**. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 94(Suppl. 1): 103-121. 1999.

GADELHA, C. (Coord.) **Perspectivas do investimento em saúde. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009**. 217 p. Relatório integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil”, em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Disponível em: <<http://www.projetopib.org/?p=documentos>>. Acesso em: 02 mai. 2013.

GOLDENBERG, S. **Ferramentas de análise molecular e os agentes das grandes endemias.** Ciências & saúde Coletiva, 7(1) 43-47. 2002.

IMS - Global Learning Consortium. **Learning Object Discovery and Exchange (LODE).** 2010. Disponível em: <<http://www.imsglobal.org/LODE/spec/imsLODEv1p0bd.html>>. Acesso em: 06 set. 2013.

JOHNSON, P. **Human Computer Interaction.** McGraw-Hill International. London, 1992

KATZ, Y. J. **The comparative suitability of three ICT distance learning methodologies for college level instruction.** Educational Media International, v. 1, n. 37, p. 25-30, 2000.

LOPES, A. V. C. D. **A interação dos professores com a internet em sala de aula.** (Mestrado em Educação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LORENZONI, I. **Ministério distribuirá tablets a professores do ensino médio.** Disponível em: <<http://goo.gl/aVmHXi>>. Acesso em: 06 dez. 2013.

MARÇAL, E.; ANDRADE, R.; RIOS, R. **Aprendizado utilizando dispositivos móveis com sistemas de realidade virtual.** Novas tecnologias na educação. V.3, Nº1, Porto Alegre, RS. 2005

MARTINS, J. C. C. **Gerenciando projetos de Desenvolvimento de Software com PMI, RUP e UML.** Ed. Brasport, 5ªEd, 2010.

MERCADO, L. P. L. **Formação continuada de professores e novas tecnologias.** Maceió: EDUFAL, 1999.

MIRANDA, G L. **Limites e possibilidades das TIC na educação.** Sísifo/Revista de ciências da educação. Nº 3, P 41-50. Mai/Ago 2007.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** 1ª Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NEVES, D. P.; MELO, A. L.; LINARDI, P. M. **Parasitologia humana.** 11ª Edição, Editora Atheneu. São Paulo, SP. 2005.

OLIVEIRA, A. C.; PEIXOTO, J. R.; de ARRUDA, L. B.; *et al.* **Expression of functional TLR4 confers proinflammatory responsiveness to *Trypanosoma cruzi* glycoinositolphospholipids and higher resistance to infection with *T. cruzi*.** *J Immunol.*; 173:5688-96. 2004

OLIVER, R. L.. **A cognitive model for the antecedents and consequences of satisfaction.** *Journal of Marketing Research.* n. 17, p. 460–469, 1980.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. **Diretrizes Curriculares de Biologia.** Curitiba, SEED/DEM, 2008.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. Diretoria de Tecnologias Educacionais. **Diretrizes Para o Uso de Tecnologias Educacionais.** Curitiba, SEED/PR, 2010.

PEREIRA, M. G. C., SILVA, B. D. **A tecnologia vista pelos jovens e famílias e sua integração no currículo. IV Colóquio Luso-Brasileiro sobre questões curriculares - UFSC,** 2008. Disponível em: <[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10019/1/A\\_TECNOLOGIA\\_VISTA\\_PELOS\\_JOVENS\\_E\\_FAMILIAS\\_E\\_SUA\\_INTEGRAÇÃO\\_NO\\_CURRÍCULO.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10019/1/A_TECNOLOGIA_VISTA_PELOS_JOVENS_E_FAMILIAS_E_SUA_INTEGRAÇÃO_NO_CURRÍCULO.pdf)>. Acesso em: 16 dez. 2013.

PICCOLI, G.; AHMAD, R.; IVES, B.. **Web-based virtual learning environments: a research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic IT skill training.** *MIS Quarterly.* v. 4, n. 25, p. 401–426, 2001.

PLONE FOUNDATION *et al.* 2000-2012. **Learning Object Metadata (LOM) Working Group 12.** Disponível em: <<http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/working-group/learning-object-metadata-working-group-12/learning-object-metadata-lom-working-group-12>>. Acesso em: 09 set. 2012.

RIVED. **Rede Interativa Virtual de educação.** Disponível em: <[http://rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php)>. Acesso em: 13 ago. 2013.

ROCHA, S. C. **Avaliação das perspectivas terapêuticas do ácido L-tiazolidina-4-carboxílico, um análogo de prolina, na infecção de camundongos pelo *Trypanosoma cruzi*.** Diss. ICB-USP, São Paulo. 2010.

SUN, Pei, C.; *et al.*. **What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction.** Computers & Education. v. 50, p. 1183-1202, 2008

TARLETON, R. L.; ZHANG, L. **Chagas disease etiology: autoimmunity or parasite persistence?** Parasitol Today. 15:94-9. 1999.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. C. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R.. **Reusabilidade de objetos educacionais.** Novas Tecnologias na Educação. CINTED-UFRGS. v.1 n. 1. Fev., 2003.

TONO, C. C. **Computador na escola: As contradições emergentes das Políticas Públicas ProInfo e Proem.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

TYLER, K. M.; ENGMAN, D. M. **The life cycle of *Trypanosoma cruzi* revisited.** Int J Parasitol. May 1;31(5-6):472-81. 2001.

VAUGHAN, T. **Multimedia - Making it Work.** Osborne McGraw-Hill. New York, 1993

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. S.; MORAES, M. O. **A nova (moderna) biologia e genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio.** *Ciência & Educação*. V.12, n.03, p.275-289, 2006.

ZELEDON, R.; RABINOVICH, J. E. **Chagas disease: an ecological appraisal with special emphasis on its insect vectors.** Annu Rev Entomol, 26:101-33. 1981.

WERNECK, G. L. HASSELMANN, M. H. GOUVÊA, T. G. **Panorama dos estudos sobre nutrição e doenças negligenciadas no Brasil.** *Ciência e Saúde Coletiva*. 16(1): 39-62, 2011.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy.** In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*: Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 10 set. 2012. Versão online.

WHO (World Health Organization). **Chagas disease. Fact sheet nº340**, 2013. Disponível em: < <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/en/index.html>>. Acesso em: 24 jun. 2013

## **8 MATERIAL SUPLEMENTAR**

### **8.1 MATERIAL SUPLEMENTAR I - ROTEIRO**

#### **ROTEIRO PARA DO CONTEÚDO MULTIMÍDIA – DOENÇA DE CHAGAS E A RESPOSTA IMUNE CONTRA O *Trypanosoma cruzi***

##### **Escopo do objeto educacional:**

- Conteúdo multimídia desenvolvido em *Flash Player*© contendo 7 telas

##### **Conteúdo trabalhado:**

- Parasitologia - doença de Chagas
- Sistema imune - imunidade inata e imunidade adaptativa

##### **Objetivo Geral:**

- Desenvolver um objeto educacional no formato de um conteúdo multimídia para a matéria de Biologia - Ensino Médio enfocando assuntos relacionados ao INDI-Saúde

##### **Objetivos Específicos:**

- Demonstrar como ocorre o ciclo da doença de Chagas, desde a transmissão do protozoário até as respostas imunes;
- Caracterizar os componentes envolvidos em uma resposta imunológica;
- Descrever as etapas presentes na imunidade inata durante a infecção do *T. cruzi*;
- Descrever as etapas presentes na imunidade adaptativa durante a infecção do *T. cruzi*;
- Entender como ocorre a produção de anticorpos.

##### **Conhecimentos relacionados:**

- Biologia molecular;
- Biologia Celular;
- Órgãos do sistema imune;

- Células do sistema imune;
- Tecidos musculares;
- Protozoários – *Trypanosoma cruzi*;
- Doença de Chagas – ciclo biológico.

### Metodologia para o desenvolvimento do OE:

- **Desenvolvimento do OE**
- **1º parte: Transmissão/Infecção/Resposta imune 1ª**

(Nota: foram mantidas as cores, de acordo com o exposto na seção “**Fase de pesquisa e execução**”, descritas no capítulo 4)

1- Mostrar o barbeiro infectado picando a pessoa durante a noite, enquanto esta dorme.

Ilustrar o barbeiro e este picando o rosto de uma pessoa. Durante o ato, mostrar o abdome do animal inchando a medida que se alimenta e ao final defecando (uma gota escura) e sair voando. Neste momento a pessoa coça o local da picada (uma pequena ferida) assim contaminando esta com as fezes. Se basear na imagem abaixo.

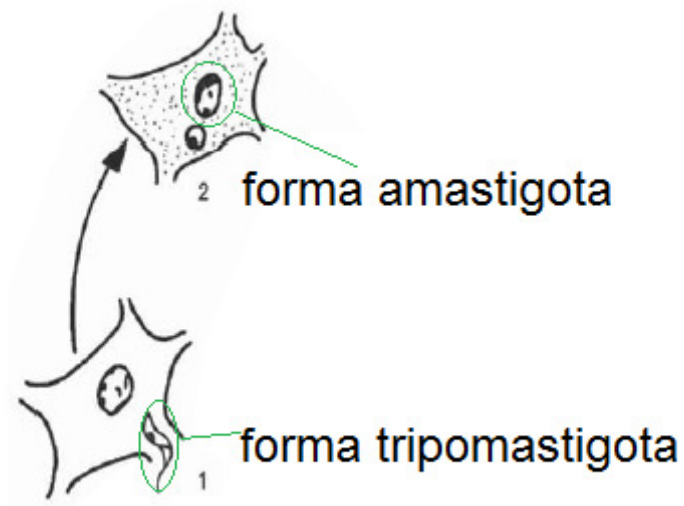
Foto: <http://phil.cdc.gov/phil/details.asp> - id 3013

<http://www.flickr.com/photos/74867807@N00/519475022/> por Glenn Seplak

2- Neste momento dar um zoom nas fezes e mostrar os protozoários penetrando no local da picada e interagindo com células da pele ou mucosa.

Ilustrar os protozoários invadindo as células e passando da forma tripomastigota (flagelada) para a forma amastigota (sem o flagelo, `a` não, `mastigo` flagelo, `gota` portador) \*ver imagem de exemplo.





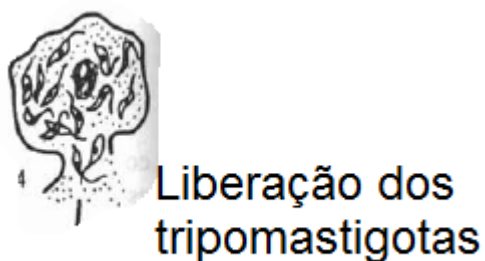
3- Nesta parte mostrar células, as formas amastigotas reproduzindo assexuadamente por divisão binária (mitose). Demonstrar um protozoário gerando 2, 4, 8, 16...

Ilustrar se baseando no exemplo.



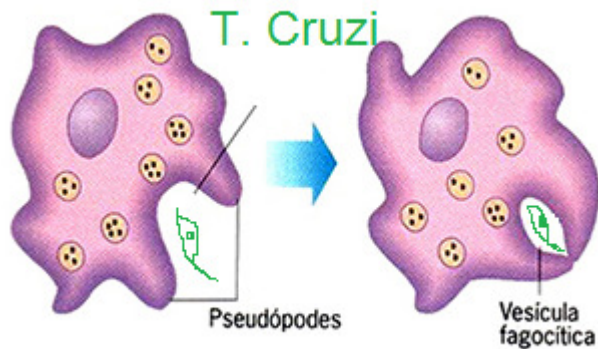
4- A seguir mostrar como ocorre a diferenciação dos amastigotas em tripomastigotas, que são liberados da célula hospedeira (lise celular, rompimento celular), caindo no espaço extracelular (interstício) e então na corrente sanguínea. Desta forma atingem outras células de qualquer tecido ou órgão completando novos ciclos como este.

Ilustrar se baseando no exemplo.



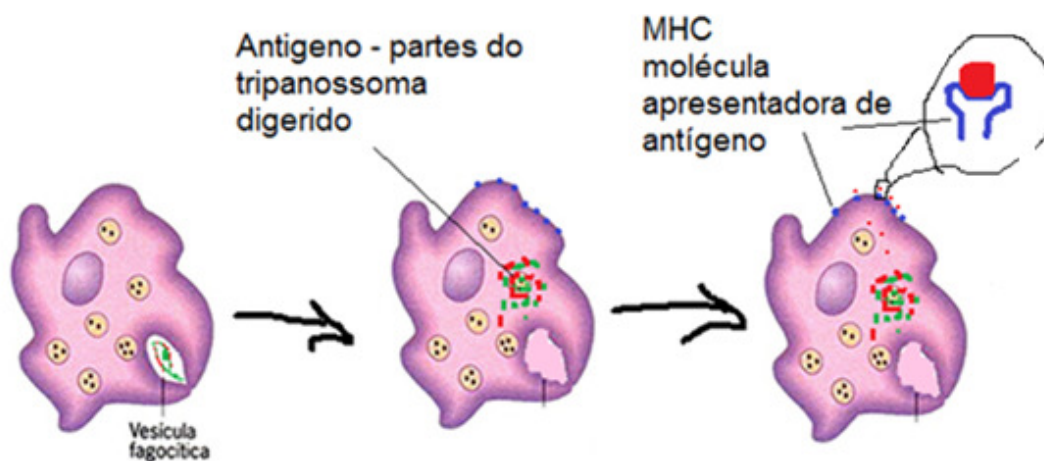
5- Alguns destes protozoários são destruídos por mecanismos imunológicos do hospedeiro. Os macrófagos são as primeiras células do sistema imune a entrar em ação. Estes fagocitam (engolem) ativamente as substâncias estranhas. Mostrar o macrófago 'engolindo' o protozoário.

Ilustrar de acordo com o exemplo, deixando as marcações indicadas.



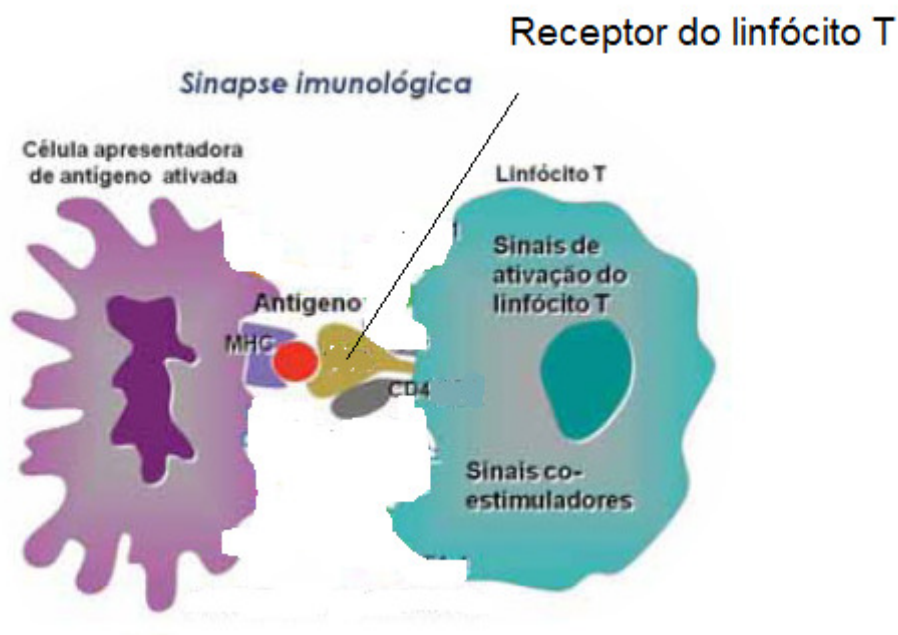
6- Após serem fagocitados e então digeridos, partes dos tripanosomas (os antígenos) são expostas na superfície da membrana celular do macrófago. Ou seja, os macrófagos capturam os invasores e `mostram` as substâncias/componentes dos agentes estranhos para o resto do sistema imune. As proteínas responsáveis por esta apresentação são as proteínas do MHC. Mostrar o protozoário sendo digerido e então suas partes levadas até as proteínas MHC.

Ilustrar como o exemplo, deixando as marcações indicadas.



7- O próximo passo é o reconhecimento dos antígenos pelos Linfócitos T CD4+ (auxiliadores). Os linfócitos CD4+ possuem em sua membrana receptores especiais capazes de se unir aos antígenos apresentados pelos macrófagos. Demonstrar uma células encontrando a outra, ligando-se pelo receptor e pelo MHC.

Ilustrar como o exemplo, deixando as marcações indicadas.



8- Durante esta união, os macrófagos liberam substâncias chamadas de citocinas, entre elas as interleucinas (IL) sobre os linfócitos T. Estas substâncias ativam e estimulam a multiplicação dos linfócitos TCD4+, aumentando o número daqueles capazes de reconhecer o antígeno apresentado. Os linf. CD4+ liberam outros tipos de citocinas, que estimulam os linfócitos T CD8+ (citotóxico) e linfócitos B (produzem anticorpos) a multiplicarem-se rapidamente, originando um exercito de células imunes.

- **2º parte: A produção de anticorpos**

1- Mostrar o antígeno se encontrando com um linfócito B e se ligando a ele. Então ilustrar a produção de anticorpos.

- A produção dos anticorpos (proteínas) deve começar pelo núcleo da célula. Desta forma ilustrar a molécula de DNA. Demonstrar a fita se abrindo e uma RNAPolimerase se acoplando a ela e começando a síntese de uma fita de RNAmensageiro (tudo isso dentro do núcleo).
- Levar o RNAm para o retículo endoplasmático granuloso e lá começar a leitura do RNAm por um ribossomo. A medida que a fita é lida ir montando uma proteína. Esta proteína deve ter o formato de 'Y' quando estiver pronta. Este 'Y' é o anticorpo.
- Agora mostrar o plasmócito de longe liberando vários anticorpos e atuando sobre os *T. cruzi* que estão no sangue.

Ilustrar a sequencia: macrófago - linfócitoT - LinfócitoB - (2 células derivando deste) Plasmócito e célula de memória..

2- Alguns linfócitos B diferenciam-se e tornam-se células de memória. Em caso de novo ataque, as células de memória são imediatamente ativadas e estimuladas a se reproduzir. Surge desta forma, em curto intervalo de tempo, um exército de células defensoras específicas.

3 – Alguns *T. cruzi* se alojam em células musculares cardíacas e esqueléticas, desta forma escapando do sistema imune, formando ninhos de amastigotas.

### **Label para cada etapa do OE:**

#### **1º parte: Transmissão/Infecção/Resposta imune 1ª**

1 - A forma mais comum de contaminação pelo *Trypanosoma cruzi* é por meio das fezes do barbeiro.

Após realizar o repasto sanguíneo, o barbeiro defeca e sai voando.

A pessoa se contamina ao coçar o local da picada e espalhando as fezes para dentro da ferida.

2 - As formas flageladas do protozoário invadem as células e diferenciam-se para formas não flageladas, amastigotas.

3 - Os amastigotas passam a se reproduzir assexuadamente gerando inúmeros novos protozoários.

4 - Alguns amastigotas voltam a se diferenciar em tripomastigotas e são liberados, caindo no interstício e então atingindo a corrente sanguínea.

5 - Ao entrarem em contato com células do sistema imune, principalmente os macrófagos e as células dendríticas, os protozoários são destruídos.

6 - Partes do protozoário digerido são expostas na superfície da membrana do macrófago. Por esta razão ele é chamado de célula apresentadora de antígeno.

7, 8 - Os macrófagos apresentam os antígenos aos linfócitos TCD4+, que passam a produzir interleucinas, substância que estimula as células do sistema imune. Assim Linfócitos CD8+ (citotóxicos) e linfócitos B multiplicam-se rapidamente, originando um exército de células imunes.

- **2º parte: A produção de anticorpos**

1 - A segunda parte de uma resposta imune é representada pela imunidade adaptativa, onde há a produção de anticorpos específicos contra antígenos do *T. cruzi*.

Os linfócitos B ao serem ativados pelas interleucinas, transformam-se em plasmócitos e começam a produzir os anticorpos.

Genes específicos dos plasmócitos são transcritos e então traduzidos em proteínas, estas que formam os anticorpos.

O anticorpo possui sítios de ligação específicos contra o antígeno apresentado ao plasmócito.

2 - Alguns linfócitos B diferenciam-se e se tornam células de memória. Em caso de novo ataque, as células de memória são imediatamente ativadas e estimuladas a se reproduzir. Surge desta forma, em curto intervalo de tempo, um exército de células defensoras específicas.

3 - Alguns *T. cruzi* se alojam em células musculares cardíacas e esqueléticas, desta forma escapando do sistema imune, formando ninhos de amastigotas.

## 8.2 MATERIAL SUPLEMENTAR II

### 8.2.1 Revisão teórica sobre a doença de Chagas para alunos e professores

O *Trypanossoma cruzi* (CHAGAS, 1909) é um protozoário e agente etiológico de uma doença frequente nas Américas, principalmente na América Latina. Este protozoário e a doença foram descobertos e descritos pelo grande cientista Carlos Ribeiro Justiniano das Chagas. Ele foi capaz de identificar o agente etiológico, sua Biologia no hospedeiro vertebrado e invertebrado, seus reservatórios e diversos aspectos da patogenia e sintomatologia à fase aguda da doença (PEREIRA e NEVES, 2005).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2013), cerca de 8 milhões de pessoas estão contaminadas com o *T. cruzi* no mundo, sendo que estas não estão restritas apenas ao continente americano. Contudo, a doença de Chagas é considerada endêmica na América Latina. Acredita-se que outros continentes, como a Europa e países do como Canadá e os E.U.A possuam casos da doença devido principalmente à mobilidade humana.

Uma das formas mais comuns de se contrair a doença é através de transfusão de sangue. Esta representa o segundo mecanismo mais importante para aquisição da doença de Chagas (DIAS & SCHOFIELD, 1999; GOLDENBERG, 2002). O principal mecanismo de adquirir a doença é pelo contato das mucosas com fezes do inseto infectado pelo parasita. Os três insetos vetores de maior importância são *Triatoma infestans*, *Rhodnius prolixus* e *Triatoma dimidiata* (ZELEDON e RABINOVICH, 1981) Segundo Deane (1964), além do ser humano mais de 150 espécies de mamíferos podem ser contaminados pelo parasita.

Segundo Chagas (1909), o ciclo de vida do *T. cruzi* envolve o vetor e um hospedeiro mamífero. O inseto infecta-se ao picar um hospedeiro mamífero infectado que possui formas tripomastigotas circulantes no sangue. Os tripomastigotas ingeridos pelo inseto vetor alcançam a porção média do tubo digestório onde se diferenciam em epimastigotas, formas não-infectivas replicativas (BRENER, 1973; ROCHA, 2010). Na porção terminal do tubo digestório, os epimastigotas diferenciam-se em formas tripomastigotas metacíclicas, formas infectivas (BONALDO *et al.*, 1988) que são eliminadas nas fezes durante o repasto sanguíneo.

Ao realizar o repasto sanguíneo, o triatomídeo muitas vezes defeca, pois necessita eliminar o excesso de peso em vista de alçar voo. Em uma reação

inconsciente, a pessoa picada coça o local, espalhando nele fezes contaminadas. O local da picada do triatomídeo provoca uma reação inflamatória que recruta macrófagos para a região, as formas tripomastigotas metacíclicas ao atingirem o interior da derme, infectam as células de defesa da pele, as Células de Langehans, e transformam-se em amastigotas, passando a multiplicar-se intensamente por divisão binária até o rompimento celular. Neste ponto, diferenciam-se em tripomastigotas, caindo novamente na circulação sanguínea e invadem novas células. Uma resposta imune primária começa a ocorrer, onde alguns macrófagos entram em ação atacando estes protozoários e levando estes até os linfonodos, sendo este local a segunda parada da invasão dos *T. cruzi*.

Após este novo ciclo de divisão celular as amastigotas diferenciam-se para formas tripomastigotas sanguíneas, colonizando a corrente sanguínea. Quando estes protozoários estão na circulação, podem ser sugados por um inseto vetor, fechando assim o ciclo de vida do protozoário (TYLER e ENGMAN, 2001; ALVES e COLLI, 2007).

Os novos tripomastigotas apresentam tropismo por tecidos musculares, como o coração, o esôfago e o cólon. Isto acarreta em quatro formas clínicas da doença: indeterminada, onde não há sintomatologia ligada a órgãos afetados; cardíaca, onde o coração é afetado; digestiva, onde órgãos do sistema digestório são afetados; mista ou associada, onde tanto a forma cardíaca quanto a mista são observadas. Tanto na forma cardíaca quanto na forma digestiva há a destruição dos nervos que se conectam a estes órgãos, afetando desta forma o sistema nervoso periférico autônomo e consequentemente o funcionamento dos mesmos.

A patologia da doença de Chagas é uma patologia inflamatória, a qual pode ter um caráter focal ou multifocal em qualquer órgão e em qualquer fase da doença, pois a resposta imunológica infere na liberação de mediadores da inflamação pelas células parasitadas que sofrem lise devido à reprodução dos parasitas (ANDRADE, 2013).

## **Respostas imunes**

A infecção humana pelo *T. cruzi* pode se dividir em duas fases: aguda e crônica. A fase aguda dura cerca de 4 a 8 semanas e caracteriza-se pela grande quantidade de protozoários no sangue, e ausência de anticorpos circulantes. A fase crônica caracteriza-

se pelo baixo ou nulo número de parasitas circulantes e uma robusta resposta humoral, a qual persiste por toda a vida do hospedeiro (DIAS *et al.*, 1956; DIAS, 1984; BOSCARDIN *et al.*, 2010).

Cada fase da doença de Chagas exhibe mecanismos imunológicos distintos, sendo que o controle da infecção na fase aguda depende principalmente da resposta inata, enquanto a fase crônica depende de uma potente resposta humoral, a ativação de células TCD4+, CD8+ e a produção de citocinas (BOSCARDIN *et al.*, 2010).

Segundo Andrade, 2013, durante a fase aguda, são apresentadas características de uma infecção generalizada, de gravidade variável, onde o diagnóstico pode ocorrer observando-se a presença do chagoma cutâneo (sinal de Romana) ou então pela análise do sangue periférico, no qual são encontrados os protozoários. Nesta fase ocorre a primeira resposta imune, a resposta inata, onde estão presentes principalmente macrófagos e linfócitos CD4+.

A maioria absoluta dos indivíduos infectados pelo *T. cruzi*, apresentando ou não sintomatologia na fase aguda, evolui para um aparente estado de equilíbrio parasita-hospedeiro, sem manifestações clínicas.

Contudo, a resposta inata tem papel fundamental para o desenvolvimento da resposta adquirida/adaptativa (fase crônica), principalmente, através das células apresentadoras de antígenos (APCs), que por seus receptores de reconhecimento padrão (PPRs) reconhecem os padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs) (COELHO-CASTELO, *et al.*, 2009). A interação entre os principais receptores associados a patógenos na resposta contra *T. cruzi* (TLR2, TLR4 e TLR9), estimulam macrófagos e células dendríticas à produção de IL-12 e TNF (citocinas pró-inflamatórias) (OLIVEIRA, *et al.*, 2004 e BAFICA *et al.*, 2006). Estes, por sua vez, recrutam linfócitos B, os quais se diferenciam em plasmócitos e iniciam a produção de anticorpos.

De acordo com Coelho-Castelo *et al.* (2009), os protozoários podem ser alvos de anticorpos tão logo comece a resposta adquirida/adaptativa. Entretanto, este mecanismo da imunidade humoral não é suficiente para controlar a doença. Muitos parasitas, inclusive o *T. cruzi*, desenvolveram mecanismos de escape do sistema imune, particularmente da resposta imune adaptativa. O *T. cruzi* se aloja em um lugar inacessível ao sistema imune: o músculo cardíaco e o músculo não estriado, formando ninhos de amastigotas (TARLETON & ZHANG, 1999).



Atualmente, uma ferramenta essencial para o diagnóstico da doença de Chagas na fase crônica se caracteriza pelo diagnóstico sorológico, através do microarranjo líquido, o qual identifica os anticorpos associados à resposta adaptativa. Este assunto, o diagnóstico de doenças, é tema central do INDI-Saúde.

Com relação ao combate da doença, o controle do vetor (triatomídeo) continua sendo uma eficiente profilaxia, tanto que, no ano de 2006, o Ministério da Saúde do Brasil recebeu a Certificação Internacional de eliminação da transmissão da doença de Chagas conferida pela Organização Pan-Americana da Saúde e concedida pela OPS/OMS (CASTRO & SOEIRO, 2013). Esta se pautou na comparação da captura de *T. infestans* entre os anos de 1979 e 2005, onde houve uma redução de 80 mil para apenas pouco mais 40 capturas no ano. Ainda segundo Castro e Soeiro, 2013, apesar dos avanços alcançados no controle do vetor da doença, esta ainda representa um desafio, pois existem diversas situações de risco relacionadas à doença (grande número de vetores e reservatórios, assim como variadas formas de transmissão), por não se dispor de medidas profiláticas e esquemas terapêuticos mais eficientes, menos tóxicos e de baixo custo, e pela falta de entendimento da evolução da doença crônica. Com vista neste panorama, não se pode considerar esta doença como candidata a eliminação ou erradicação mundial com as atuais ferramentas de controle.

O tratamento clínico utiliza dois medicamentos, o benzonidazol e o nifurtimox, os quais não são mais disponíveis comercialmente em nosso país. Entretanto nenhum destes é ideal, devido aos efeitos colaterais, e por não ter efeito na fase crônica da doença, entre outros problemas. O desenvolvimento de novas drogas para o combate ao parasita não se mostra interessante às indústrias farmacêuticas, estando entre os problemas o alto custo dos investimentos e a falta de um mercado potencial e seguro nos países em desenvolvimento. Neste sentido, é apontado que das 1393 novas drogas desenvolvidas entre os anos de 1975 e 1999, menos de 1,1% foram dirigidas para as doenças que são classificadas de negligenciadas (tropicais) (CASTRO & SOEIRO, 2013).

### **8.2.2 Manual de instruções**

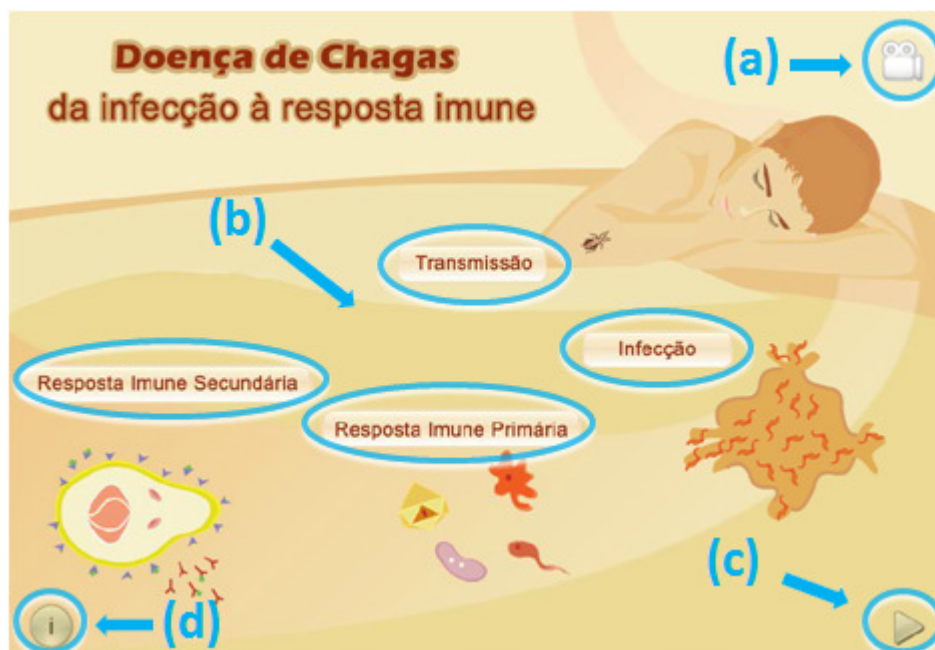
O Objeto Educacional é do tipo multimídia interativo, onde é possível a interação do usuário com o aplicativo por meio do cursor do mouse, ou então no caso de

*tablets* e *smartphones*, por meio do clique com o dedo. Este tipo de recurso integra imagens, textos, animações, vídeos e atividades, o que facilita o entendimento de conceitos.

O OE finalizado é composto por 7 telas, sendo a primeira relativa à capa (Figura 1). Esta tela é interativa e possui 7 botões clicáveis, cada um com uma função específica (Figura 2). O botão indicado pela letra (a) leva a uma entrevista com o coordenador do INDI-Saúde, Dr. Samuel Goldenberg, na qual comenta a importância da doença de Chagas para o desenvolvimento do kit de diagnóstico de doenças. Os quatro botões indicados pela letra (b), possibilitam a navegação pelas telas subsequentes: Transmissão, Infecção, Resposta imune primária, Resposta imune secundária. O botão indicado pela letra (c) permite o acesso direto para a primeira parte do conteúdo, a Transmissão. Já o botão indicado pela letra (d), corresponde aos créditos pela produção do OE.



**Figura 12** - Tela inicial do OE referente à capa.



**Figura 13** - Tela inicial com as marcações de funcionalidade de cada botão. (a) vídeo com a entrevista do coordenador do INDI-Saúde, Dr. Samuel Goldenberg; (b) botões de navegação para as telas da doença de Chagas; (c) botão de acesso direto para a tela de 'Transmissão'; (d) botão com os créditos da produção.

A segunda tela do OE traz informações de como ocorre a forma mais comum de transmissão do protozoário *T. cruzi*. Esta tela demonstra o local da picada do triatomídeo (barbeiro), a qual provoca uma relação inflamatória que pode causar icterícia (Figura 3). Esta tela possui um texto base no centro e a partir desta leitura deve se seguir a observação das ilustrações em sentido horário começando pela pessoa dormindo. As duas áreas indicadas pelas letras (a) e (b) apresentam animações de como ocorre a picada e posterior contaminação com o *T. cruzi* (Figura 4). Para observar as animações, basta mover o cursor na área indicada. Ao término da leitura desta tela é necessário clicar no botão indicado pela letra (c), o qual retorna para a capa.



Figura 14 - Tela referente à transmissão do protozoário *Trypanosoma cruzi* pelo seu vetor.

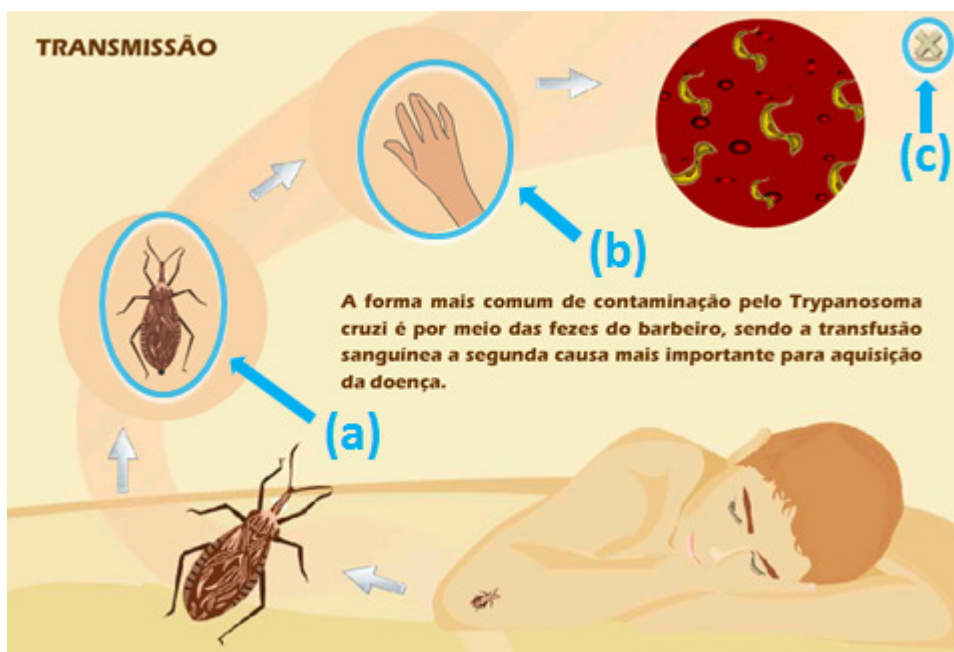
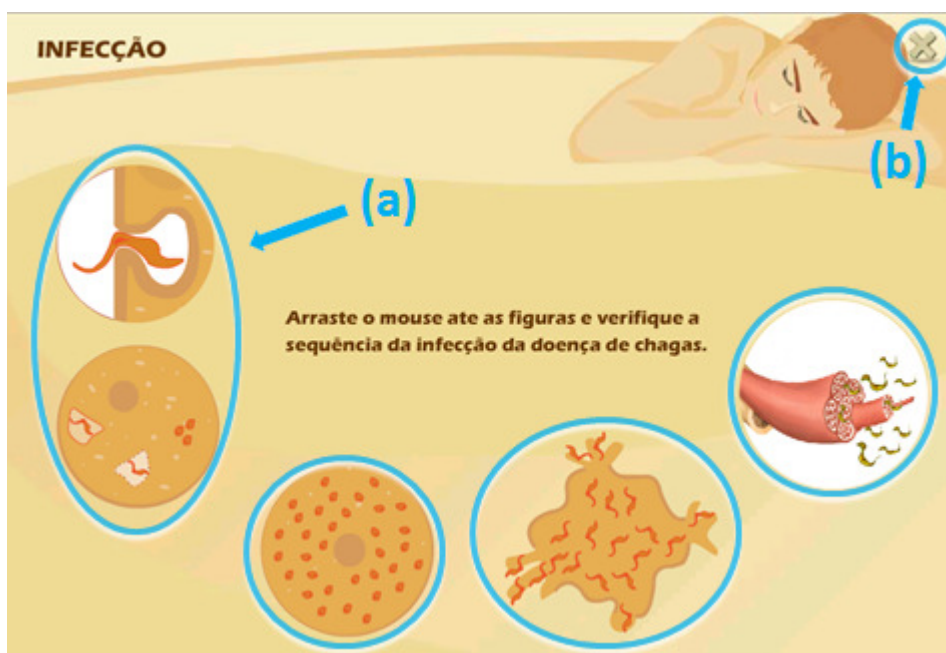


Figura 15 - Tela referente à transmissão do protozoário com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) animação do repasto sanguíneo; (b) animação da pessoa coçando o local da picada e se contaminando com as fezes contaminadas; (c) botão para retornar à capa.

A terceira tela (Figura 5) demonstra como ocorre a infecção, informando as mudanças que ocorrem com o protozoário, suas formas de reprodução e como este atinge os diversos tecidos do corpo. A leitura desta tela, como informa o texto ao centro, deve ocorrer em sentido anti-horário, iniciando pelo local indicado pela letra (a) e seguindo respectivamente pelas outras ilustrações (Figura 6). Da mesma forma que a tela anterior, ao término, clicar sobre o botão indicado pela letra (b).



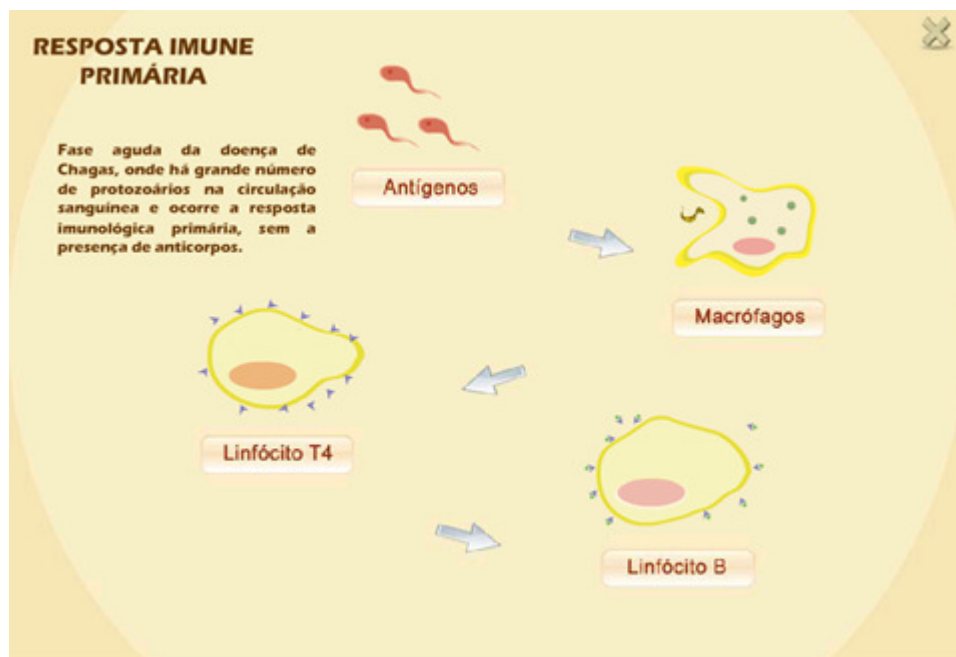
**Figura 16** - Tela referente à infecção pelo *T. cruzi*.



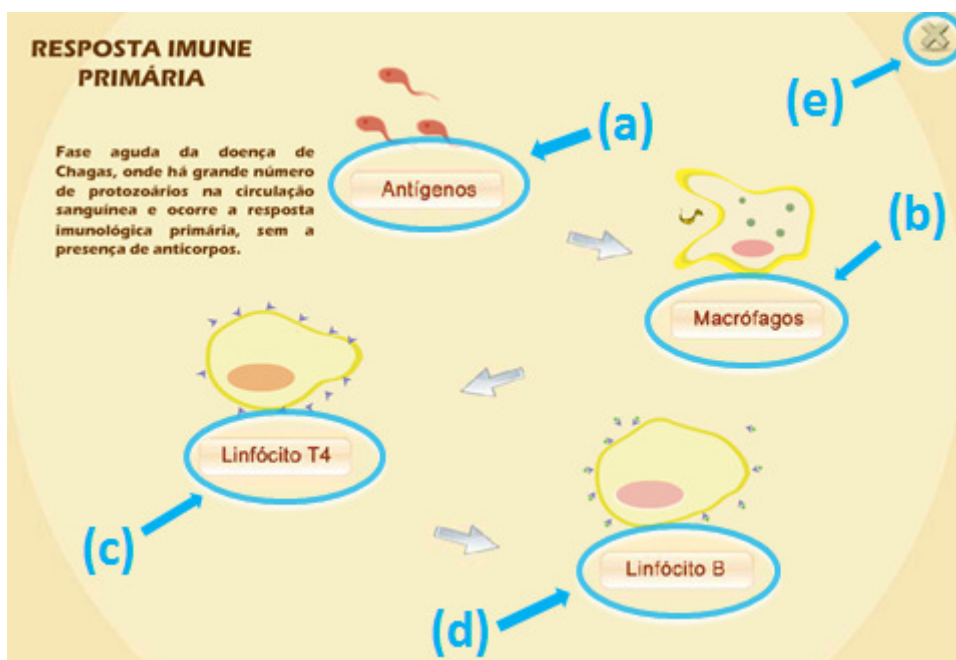
**Figura 17** – Tela referente à infecção pelo do protozoário com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) área pela qual a leitura deve ser iniciada, seguindo o sentido anti-horário; (b) botão para retornar à capa.

A quarta tela trata da resposta imune primária, conhecida como fase aguda da doença. A fase aguda tem curta duração e caracteriza-se pela grande quantidade de protozoários no sangue, e ausência de anticorpos circulantes (DIAS *et al.*, 1956; DIAS, 1984; BOSCARDIN *et al.*, 2010). Contudo, esta fase da doença é essencial para o aparecimento da segunda fase da doença, conhecida como fase crônica, onde será

produzida grande quantidade de anticorpos (Figura 7). Esta tela possui no canto superior esquerdo um texto base e quatro áreas, que em sequência, apresentam a cadeia de acontecimentos durante esta fase da doença. A leitura deve se iniciar pela área indicada pela letra (a) e seguir respectivamente pelas áreas (b), (c) e (d), onde uma nova ilustração estará presente em cada uma destas (Figura 8). Para abrir a ilustração e textos de cada área, basta mover o cursor por cima destas. Ao término clicar sobre o botão indicado pela letra (e).



**Figura 18** - Tela referente à resposta imune primária.



**Figura 19** - Tela referente à resposta imune primária com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) botão referente aos antígenos; (b) botão que demonstra a ação dos macrófagos; (c) botão que demonstra a relação entre os macrófagos e os linfócitos TCD4+; (d) botão que finaliza a resposta imune primária; (e) botão para retornar à capa.

A quinta tela traz a resposta imune secundária, também conhecida como resposta humoral, onde também é produzida grande quantidade de anticorpos (Figura 9). Esta tela também possui um texto base no canto superior esquerdo e sua navegação deve seguir a sequência indicada pelas letras (a), (b) e (c), respectivamente (Figura 10). Ao final desta, o usuário pode seguir dois caminhos: encerrar sua navegação pelo OE clicando sobre o botão indicado pela letra (e); ou acessar a área de atividades, indicada pela seta (d).

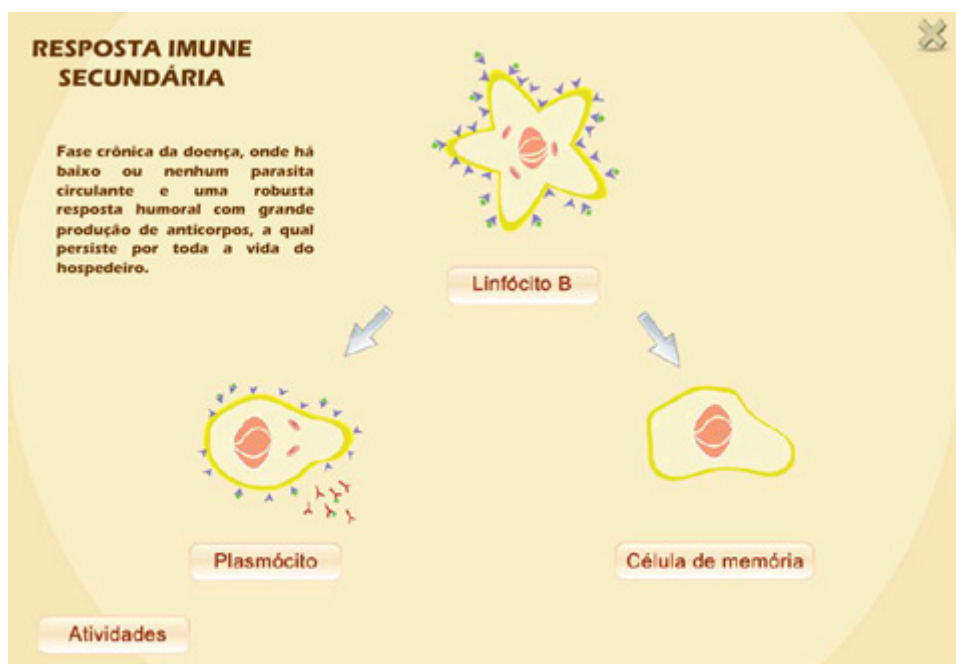


Figura 20 - Tela referente à resposta imune secundária.

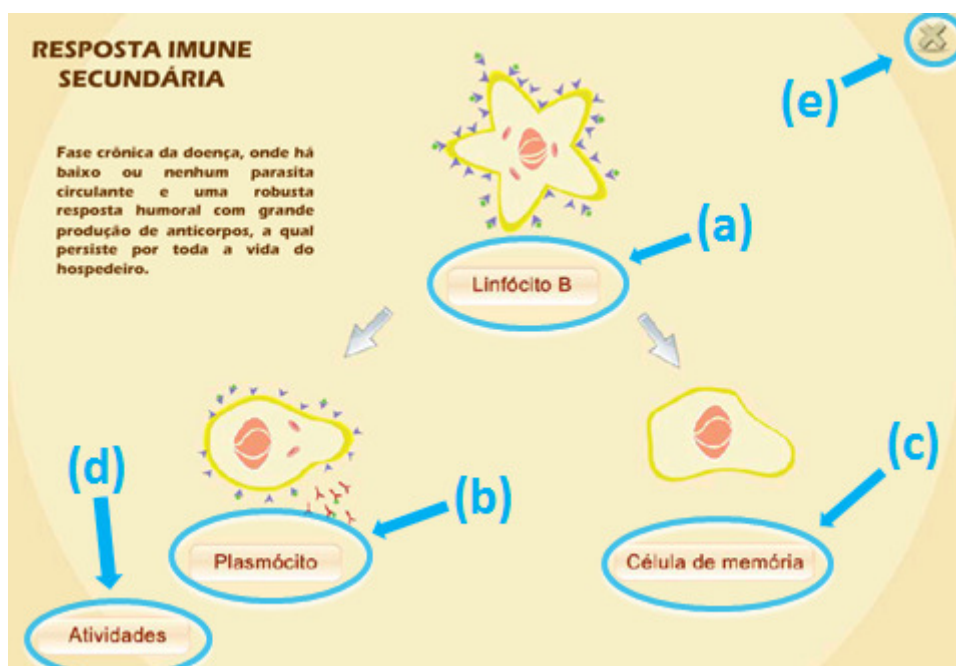


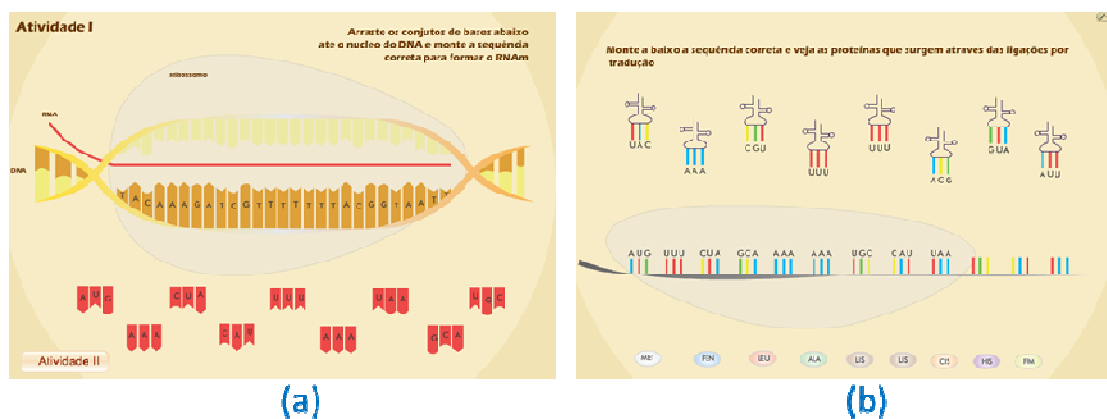
Figura 21 - Tela referente à resposta imune secundária com as marcações de funcionalidade de cada área e botões. (a) botão que explica a ação dos linfócitos B; (b) botão que explica a ação e função dos plasmócitos; (c) botão que explica como funcionam as células de memória; (d) botão que leva às atividades; (e) ) botão para retornar à capa.

Como o foco das pesquisas do INDI-Saúde é o desenvolvimento de tecnologias para o diagnóstico de doenças e, dado que o teste desenvolvido se baseia na identificação do complexo antígeno e anticorpo (INDI-Saúde, 2009), um dos pontos-chave deste objeto educacional é reconhecer como ocorre a produção dos anticorpos. Para isso foram incluídas duas atividades que demonstram como os plasmócitos



produzem os anticorpos (do DNA à proteína), que são uma classe de proteínas importantíssimas na defesa de nosso corpo (ABBAS e LICHTMAN, 2005) (Figura 11).

Na primeira atividade (Figura 11a), é possível realizar a transcrição de um gene presente na molécula de DNA em uma molécula de RNAm. Para tanto, o usuário deve realizar o pareamento das bases nitrogenadas, selecionando-as e arrastando para o local correto. Terminada esta atividade, é possível passar para a segunda atividade (Figura 11b), onde o objetivo é realizar a tradução da molécula de RNAm. Isso é feito selecionando as moléculas de RNAt, que possuem a sequência do anticódon, e arrastando-as até seus respectivos códon. Ao finalizar esta atividade é montada a cadeia polipeptídica e um anticorpo é formado.



**Figura 22** - (a) Atividade demonstrando a molécula de DNA com a informação para produção dos anticorpos; (b) Atividade II que demonstra como é montada a cadeia polipeptídica referente ao anticorpo.

*Sugestão de uso pelo professor em sala de aula:*

1. Abra o OE no computador e projete-o através de um projetor multimídia na tela inicial deste. Inicie a aula questionando os alunos sobre a doença de Chagas e qual sua relação com a saúde pública. É importante a participação aberta dos alunos neste momento. Perguntas relacionando doação de sangue, formas de transmissão da doença e seu diagnóstico são muito relevantes. Um ponto primordial para se entender a relação das doenças e seu diagnóstico é a presença de anticorpos, desta forma, conhecer como ocorre a resposta imune é essencial.

Na sequência clique sobre o vídeo ‘A relação entre a doença de Chagas e o INDI-Saúde’ que apresenta uma curta entrevista com o pesquisador Samuel Goldenberg, coordenador do INDI-Saúde, sobre a importância desta doença no panorama dos diagnósticos em saúde.

2. Após esta apresentação inicie a mediação do assunto acessando a primeira tela do OE que trata da transmissão da doença. Aqui é possível seguir a sequência apresentada originalmente que demonstra a forma mais comum da transmissão que é através do vetor do protozoário o barbeiro. É importante frisar que a segunda forma mais comum da transmissão é por meio da transfusão sanguínea.

Discuta com os alunos que diferentemente de parasitoses onde os vetores são mosquitos e a contaminação se dá diretamente pela picada, na doença de Chagas a contaminação é indireta, pois os protozoários estão presentes nas fezes do triatomídeo. O ato de coçar o local da picada é que perfaz a contaminação da pessoa.

Após navegar por esta tela, assistindo as animações presentes é possível seguir para a segunda parte do OE.

3. Com o *T. cruzi* no interior do corpo inicia-se a fase de infecção, quando estes protozoários infectam as células de defesa e passam a se reproduzir intensamente até rompê-las. Navegue por todos os pontos presente nesta tela, apresentando aos alunos o que ocorre em cada etapa, as transformações que o protozoário vai sofrendo, relacionando-as com o propósito biológico destas transformações. Por exemplo, formas tripomastigotas, por possuírem flagelo, são mais eficientes para se locomoverem na circulação.

4. As próximas telas estão relacionadas com as respostas imunes. Relembre com os alunos as células responsáveis pela defesa do nosso organismo, os leucócitos, assim como os seus diferentes tipos.

Neste ponto, aborde a resposta imune primária, em que células fagocitárias, os macrófagos, irão destruir os agentes infecciosos e apresentar seus antígenos para as outras células de defesa, os linfócitos através das moléculas MHC (moléculas apresentadoras de antígenos).

Discuta com os alunos que é assim que as células conseguem se comunicar umas com as outras, além da utilização de mediadores químicos (citocinas e interleucinas). Observe as animações de como ocorre este processo, desde a fagocitose do protozoário até a apresentação dos antígenos aos linfócitos T e estes recrutam linfócitos B.

5. Após a resposta imune primária, inicia-se a segunda parte da resposta imune, conhecida também como resposta humoral ou adaptativa. Nesta etapa ocorre a produção de anticorpos, sendo estes o ponto mais importante para a realização do diagnóstico da doença.

Comente com os alunos que nosso sistema de defesa é como um exército, onde cada célula desempenha uma função específica. Temos a linha de frente composta pelos soldados, os macrófagos, células mais especializadas os linfócitos T, células da inteligência os linfócitos B que se diferenciam em plasmócitos e células de memória.

6. Para finalizar é importante verificar com os alunos seus conhecimentos de como ocorre a produção dos anticorpos. Dessa forma é interessante relacionar os anticorpos a sua composição bioquímica, as proteínas. Pergunte aos alunos como as proteínas são produzidas, espera-se que seja respondido que sendo proteínas, elas são produzidas a partir das informações presentes no DNA.

A fim de testar os conhecimentos dos alunos acerca da produção de proteínas e consequentemente de anticorpos é possível realizar as atividades propostas ao final do OE. Aqui é possível montar uma cadeia polipeptídica (DNA - RNAm - Aminoácido) e ter ao final do processo um anticorpo.

Retome com os estudantes, o papel destas estruturas no processo de defesa, assim como seu papel no diagnóstico de doenças, por serem estruturas altamente específicas.