



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Instituto de Ciências Biológicas  
Instituto de Física  
Instituto de Química  
Faculdade UnB Planaltina  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS: proposta de  
disciplina a distância para curso de licenciatura em biologia,  
com uso de modelos qualitativos**

**REJANE CAIXETA GONÇALVES BASTOS**

**Brasília-DF**

**Abril 2014**

**REJANE CAIXETA GONÇALVES BASTOS**

**INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS: proposta de disciplina a distância para curso de licenciatura em biologia, com uso de modelos qualitativos**

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Paulo Sérgio B. de Almeida Salles e coorientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alice Melo Ribeiro apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de  
Brasília. Acervo 1017091.

B327i Bastos, Rejane Caixeta Gonçalves.  
Introdução à Dinâmica de Sistemas : proposta de disciplina  
a distância para curso de Licenciatura em Biologia,  
com uso de modelos qualitativos / Rejane Caixeta Gonçalves  
Bastos. -- 2014.  
119 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, 2014.  
Inclui bibliografia.  
Orientação: Paulo Sérgio B. de Almeida Salles ;  
Co-orientação: Alice Melo Ribeiro.

1. Professores - Formação. 2. Biologia - Estudo e  
ensino. 3. Ensino a distância. I. Salles, Paulo Sérgio  
Bretas de Almeida. II. Ribeiro, Alice Melo. III. Título.

CDU 377.8

**REJANE CAIXETA GONÇALVES BASTOS**

**INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS: proposta de disciplina a distância para curso de licenciatura em biologia, com uso de modelos qualitativos**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 16 de maio de 2014.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio B. de Almeida Salles  
(Presidente)

---

Prof. Dr. Ricardo Gauche  
(Membro Interno – IQ/ PPGEC//UnB)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Nara Maria Pimentel  
(Membro Externo – FE/ UAB/UnB)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Márcia Murta  
(Suplente – IQ/PPGEC/UnB).

Dedico este trabalho a Deus Todo Poderoso,  
meus queridos pais Hermes e Rufina, e aos  
meus amores João Nicanildo, Pedro Augusto e  
Luíza.



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de muitas vitórias, especialmente sobre mim mesma, e da participação especial de pessoas que me incentivaram e acreditaram em meu trabalho. Com elas compartilho minha satisfação e gratidão:

A Deus, que me iluminou e me deu força nos momentos fraqueza, indecisão e aflição.

Ao professor Paulo Salles, meu orientador, que soube me apoiar e incentivar, com sua experiência e seriedade enriqueceu muito este trabalho e contribuiu para meu crescimento acadêmico.

À professora Alice Melo Ribeiro, minha coorientadora, que me ajudou a voltar à vida acadêmica me mostrando caminhos, apontando soluções, sempre com seu sorriso amigo e fraterno.

Ao professor Ricardo Gauche, pela oportunidade de discutir e compartilhar ideias que me auxiliaram a direcionar os rumos deste trabalho e também por participar da Banca Examinadora.

À professora Nara Maria Pimentel, que me ajudou a descobrir as possibilidades e desafios da Educação a Distância e por ter-me honrado com sua participação na Banca Examinadora.

Às professoras do NECBio/IB/UnB, que me acolheram naquele espaço e, com seus ensinamentos e experiências, me ajudaram a percorrer o longo caminho do Mestrado.

Aos professores e colegas do curso de mestrado em Ensino de Ciências, que estiveram juntos nessa caminhada possibilitando aprendizagens e convivências de inestimável valor.

Ao amigo e colaborador Adriano Souza, que com sua humildade e disponibilidade me ajudou no desenvolvimento desta pesquisa.

Às amigas: Eloisa Lopes, Maria de Jesus Lima (Jesa) e Geane Freitas, pela companhia e por poder dividir dias de dificuldades e alegrias.

Aos alunos do curso de Licenciatura em Biologia a Distância e professores que participaram desta pesquisa, nos polos de Itapetininga e de Ceilândia, que cooperaram generosamente com meu trabalho.

A Flávia Fialho, por sua imensa ajuda no *MOODLE* e sua experiência e segurança como tutora, sempre disponível, que contribuiu muito para esta pesquisa.

Às secretárias Selma e Jaqueline, da Licenciatura em Biologia a Distância, por seus trabalhos e pela presteza com que me apoiaram.

Aos secretários do PPGEC, Carolina, Diego e Luciene, pelo carinho, cooperação, disponibilidade e amizade com que nos tratam, organizando nossa vida acadêmica.

Aos meus pais Hermes e Rufina, que sempre acreditaram no meu esforço e estão sempre disponíveis nas dificuldades diárias.

Aos meus irmãos Hécio e Henrique, pelo carinho, disponibilidade e no socorro em assuntos de informática.

A Valquíria, a querida Val, por seu carinho e cuidado com meus filhos, sem o que seria mais difícil essa caminhada.

Ao meu amado esposo João, o grande incentivador de eu cursar o mestrado, que acreditou no meu potencial e, com toda paciência, me deu apoio para essa conquista.

Aos grandes amores de minha vida meus filhos Pedro Augusto e Luíza, que por muitas vezes tiveram que esperar por atenção.

Aos meus familiares e amigos que estiveram próximos torcendo por mim.

Ao PPGEC e a UAB/UnB, nos quais esta pesquisa está inserida.

À Secretaria de Estado de Educação do DF, que me concedeu o afastamento das atividades docentes, essencial para que pudesse me dedicar a esta pesquisa e, dessa forma, possibilitasse meu crescimento profissional.

*“Escolas que são asas não amam pássaros engaiolados. O que elas amam são pássaros em voo. Existem para dar aos pássaros coragem para voar. Ensinar o voo, isto elas não podem fazer, porque o voo já nasce dentro dos pássaros. O voo não pode ser ensinado. Só pode ser encorajado.”*

(Rubem Alves)

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de disciplina sobre Dinâmica de Sistemas a ser incluída no currículo do curso de Licenciatura em Biologia a Distância oferecida pela Universidade Aberta do Brasil (UAB/UnB). Outros objetivos são apresentar ao aluno da educação a distância (EaD) uma metodologia de ensino-aprendizagem apoiada na modelagem qualitativa (não numérica) de sistemas biológicos, configurando uma dinâmica qualitativa de sistemas; desenvolver materiais didáticos de apoio à modelagem direcionados para a EaD; construir e explorar modelos de simulação com os licenciandos, mostrando-lhes o potencial educacional dessas ferramentas na educação básica; e contribuir para o desenvolvimento do pensamento sistêmico nos licenciandos. Para tanto, foi preparada uma proposta inicial para a disciplina e materiais didáticos e modelos de simulação sobre sistemas diversos, implementados no software de modelagem DynaLearn. Essa proposta foi oferecida experimentalmente como disciplina optativa, “Tópicos em Ensino de Biologia”, nos dois semestres letivos de 2013, durante os quais foi possível identificar problemas e refinar o currículo, a proposta pedagógica e os materiais didáticos. A metodologia adotada para avaliar a proposta e analisar os resultados obtidos foi o estudo de caso, e a coleta de informações foi feita por meio de observações do comportamento dos alunos durante a disciplina, da análise dos exercícios e de atividades avaliativas, sendo a última delas a elaboração de um Projeto Pedagógico com base em conceitos da Dinâmica de Sistemas e modelos de simulação. Para coletar dados sobre a visão dos alunos sobre a proposta, foram utilizados questionários e entrevistas. Os resultados obtidos sugerem que, apesar de dificuldades para a compreensão de conceitos de Dinâmica de Sistemas e para o uso de modelos de simulação, os alunos perceberam o alcance da abordagem proposta e relataram sentimentos de mudança na forma de ver e interpretar os problemas ambientais que analisaram. Na opinião de vários deles, seria importante ter uma disciplina desse tipo no currículo da Licenciatura. Concluímos que a inclusão de uma disciplina na modalidade a distância abordando a dinâmica qualitativa de sistemas é viável e desejável, pois essa abordagem tem potencial para contribuir com o desenvolvimento do pensamento sistêmico e da criatividade nos licenciandos.

**Palavras-chave:** Dinâmica de sistemas. Modelagem qualitativa. Pensamento sistêmico. Formação inicial de professores. Educação a distância.

## ABSTRACT

The present study aims to present a proposal for a discipline on System Dynamics to be included in the curriculum of the course for License degree in Biology, offered by the Brazilian Open University / University of Brasilia. Additional objectives include to introduce the student of distance education (DE) into a teaching methodology based on qualitative reasoning modelling (non numeric) techniques building up a *qualitative system dynamics*; to develop educational materials to support a modelling-based approach in DE; to build and explore qualitative simulation models showing the students the educational potential of these tools for basic education; and to contribute to the development of systems thinking in future teachers. A program for the discipline was created, and didactic materials and qualitative models were implemented in the modelling workbench DynaLearn. The program was experimentally offered as an optional discipline “Special Topics in Biology Teaching” during the two academic semesters in 2013. This approach allowed us to identify problems, refine the curriculum, pedagogical approach and didactic materials. A case study was the methodology used to assess the course and to analyze the results. Information was collected by means of observing the students’ behavior during the discipline, analyzing their homework and evaluation activities, being the last one of these the elaboration of a pedagogical project based on System Dynamics and simulation models. Data about students’ emotional aspects towards the discipline were gathered from questionnaires and interviews. Although some difficulties for understanding basic concepts on System Dynamics and on qualitative simulation modelling were observed among the students, they realized the scope of the proposed approach and reported feelings of change in how they viewed and interpreted environmental problems they analyzed. For many of them, it would be relevant to include a discipline of this kind in the curriculum of their course. We conclude that implementation of a distance education based discipline on qualitative system dynamics is both viable and desirable, as this approach has the potential to contribute for the development of systems thinking and creativity in future teachers

**Keywords:** System Dynamics. Qualitative modelling. Systems thinking. Initial teacher education. Distance education.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo implementado em DynaLearn sobre a fotossíntese realizada por sulfobactérias, na qual há liberação de enxofre, de acordo com os experimentos de van Niel. ....	36
Figura 2: Modelo implementado em DynaLearn sobre a fotossíntese proposto por van Niel, no qual o $H_2S$ é substituído por $H_2O$ , como uma generalização dos resultados obtidos com experimentos realizados com sulfobactérias.....	37
Figura 3: Representação dos conceitos de taxa de processo ( <i>Taxa de fotossíntese</i> ) e de variável de estado ( <i>Oxigênio</i> ).....	38
Figura 4: Representação do processo de fotossíntese em modelo construído em DynaLearn, mostrando que a <i>Água</i> e o <i>Gás carbônico</i> são consumidos, e <i>Oxigênio</i> e <i>Composto orgânico</i> são produzidos. ....	38
Figura 5: Representação do mecanismo de retroalimentação balanceadora do modelo de fotossíntese. ....	39
Figura 6: Grafico de estados do modelo de fotossíntese em DynaLearn .....	40
Figura 7: Diagramas de valores das variáveis incluídas no modelo de fotossíntese: valores da <i>Taxa de fotossíntese</i> , <i>Gás carbônico</i> , <i>Água</i> , <i>Composto orgânico</i> e <i>Oxigênio</i> .. .....	41
Figura 8: Modelo implementado em DynaLearn sobre experimento crítico para determinar a origem do oxigênio liberado na fotossíntese.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de alunos matriculados nas duas ofertas da disciplina, por gênero .....	59
Tabela 2: Número de alunos nas duas ofertas da disciplina por menção. ....	60
Tabela 3: Número de alunos que entregaram as atividades avaliativas na primeira oferta da disciplina. ....	61
Tabela 4: Visualizações dos Vídeos na 1ª oferta da disciplina.....	66
Tabela 5: Visualizações dos Roteiros de Estudos na 1ª oferta da disciplina.....	66
Tabela 6: Visualizações Exercícios Complementares na 1ª oferta da disciplina .....	67
Tabela 7: Visualizações de Fóruns e Exercícios Avaliativos na 1ª oferta da disciplina .....	68
Tabela 8: Número de alunos que entregaram as atividades avaliativas na 2ª oferta da disciplina.....	69
Tabela 9: Visualizações dos Vídeos na 2ª oferta da disciplina.....	70
Tabela 10: Visualizações dos Roteiros de Estudos na 2ª oferta da disciplina.....	71
Tabela 11: Visualizações Exercícios Complementares na 2ª oferta da disciplina .....	71
Tabela 12: Visualizações Exercícios Avaliativos na 2ª oferta da disciplina .....	72
Tabela 13: Somatório das visualizações dos vídeos nas duas ofertas da disciplina .....	73
Tabela 14: Somatório das visualizações dos Roteiros de Estudos as duas ofertas da disciplina.....	73

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CLBa	Curso de Licenciatura em Biologia a Distância
DS	Dinâmica de Sistemas
DQS	Dinâmica Qualitativa de Sistemas
EaD	Educação a Distância
EPS	<i>Encapsulated Post Script</i>
IB	Instituto de Ciências Biológicas
II	Média Insuficiente
I ( <i>I+</i> )	Influência direta causada por processo
LS	<i>Learning space</i> (espaço de aprendizagem) em DynaLearn
MM	Média Média
MS	Média Superior
P ( <i>P+</i> )	Proporcionalidade qualitativa
RQ	Raciocínio Qualitativo
SR	Sem Rendimento
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TQP	Teoria Qualitativa dos Processos
UAB	Universidade Aberta do Brasil/
UnB	Universidade de Brasília

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1 FORMAÇÃO DE PROFESSORES E APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR .....	18
1.1 Formação de Professores e as Tecnologias da Informação e Comunicação.....	18
1.2 Aprendizado Mediado por Computador .....	21
1.3 A Modalidade a Distância com o Uso das TIC .....	23
2 MODELAGEM BASEADA EM RACIOCÍNIO QUALITATIVO .....	27
2.1 Modelagem Qualitativa.....	27
2.2 Teoria Qualitativa dos Processos - TQP .....	28
2.3 Bancada de Modelagem em DynaLearn .....	29
3 DINÂMICA DE SISTEMAS .....	31
3.1 Conceitos Fundamentais da Dinâmica Qualitativa de Sistemas .....	31
3.2 A História da Fotossíntese: um Exemplo de Pensamento Sistêmico.....	34
3.3 A Aplicação da Dinâmica de Sistemas na Educação.....	43
4 METODOLOGIA.....	47
4.1 Planejamento da Disciplina .....	48
4.2 Instrumentos para a Coleta de Dados .....	48
4.3 Análise e Interpretação dos Dados.....	50
5 AS OFERTAS DA DISCIPLINA “TÓPICOS DE ENSINO DE BIOLOGIA: INTRODUÇÃO A DINÂMICA DE SISTEMAS” .....	52
5.1 A Primeira Oferta da Disciplina (1/2013).....	52
5.2 Ajustes no Programa da Disciplina durante a Primeira Oferta .....	54
5.3 A Segunda Oferta da Disciplina (2/2013).....	57
6 RESULTADOS DAS DUAS OFERTAS E DISCUSSÃO .....	59
6.1 O Perfil dos Alunos Matriculados e outras Informações .....	59
6.2 Primeira Oferta da Disciplina (1/2013).....	60
6.2.1 Roteiros de estudos e atividades complementares .....	61
6.2.2 Encontros presenciais na primeira oferta da disciplina.....	64
6.2.3 Dados colhidos no <i>MOODLE</i> na primeira oferta da disciplina .....	65
6.3 Segunda Oferta da Disciplina (2/2013).....	68
6.3.1 Roteiros de estudos e exercícios complementares na segunda oferta .....	69
6.3.2 Encontro presencial na segunda oferta da disciplina .....	70

6.3.3 Dados colhidos no <i>MOODLE</i> na segunda oferta da disciplina.....	70
6.4 Balanço dos resultados obtidos nas duas ofertas da disciplina .....	73
6.5 Resultados Obtidos nos Questionários .....	74
6.5.1 Uso do <i>software</i> .....	74
6.5.2 Dificuldades para construir modelos.....	75
6.5.3 Contribuição para a formação acadêmica .....	75
6.5.4 Modelagem a distância.....	75
6.5.5 Compreensão do pensamento sistêmico por meio de modelos .....	75
6.6 Resultados Obtidos com as Entrevistas .....	76
7 PROPOSTA FINAL DA DISCIPLINA .....	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
APÊNDICE A – Primeira Versão do Programa da Disciplina (1/2013).....	93
APÊNDICE B – Segunda Versão do Programa da Disciplina (1/2013) .....	97
APÊNDICE C – Terceira Versão do Programa da Disciplina (2/2013).....	99
APÊNDICE D – Guia da Disciplina – Versão Final da Proposta .....	104
APÊNDICE E – Questionário Aplicado aos Licenciandos .....	114
APÊNDICE F – Roteiro para as Entrevistas com os Licenciandos .....	118

## INTRODUÇÃO

Observa-se que, por meio de políticas públicas, tem-se procurado dotar as escolas com artefatos tecnológicos, tais como os computadores, mas a formação dos profissionais para utilização desses recursos é bastante tímida. Sem formação adequada, o professor acaba utilizando esses recursos como repositórios de conhecimento ou transmissão de velhas práticas de ensino. A Universidade pode contribuir para a disseminação de pesquisas em ensino apoiado por esse tipo de recursos educacionais e fazer com que seus resultados cheguem ao aluno por meio da formação inicial de professores.

Para Gauche (2001, p.77):

A formação inicial assume relevante papel na (re) significação de contextos e práticas culturalmente definidas e defendidas, às vezes, sob a aparência libertadora e democratizante, por discursos supostamente renovadores, que se esquecem dos principais protagonistas das mudanças, os professores, e, sobretudo, de sua imprescindível autonomia.

Nessa perspectiva, entende-se que a formação inicial é ponto essencial para a melhoria da qualidade da educação básica, pois possibilita ao futuro professor o acesso a novas propostas metodológicas.

O uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na educação vem sendo debatido e incentivado, pois, como disseram Sampaio e Leite (1999), a educação docente exige a formação para trabalhar em uma sociedade dinâmica e permeada por tecnologias. A formação de professores necessita contemplar experiências e o uso dessas tecnologias para que sejam incorporadas aos processos de ensino (LOPES; FURKOTTER, 2009).

Valente (1999, p.37) enfatiza que “não é o computador que permite ao aluno entender ou não um determinado conceito. A compreensão é fruto de como o computador é utilizado e de como o aluno é desafiado na atividade de uso desse recurso”.

Para que o aluno possa desenvolver habilidades associadas a competências tais como: domínio de diferentes linguagens (matemática, artística, científica e etc.), compreensão de fenômenos naturais, da produção tecnológica, tomada de decisões ao enfrentar situações-problema, construção de argumentação consistente e elaboração de propostas de intervenção na realidade, o presente trabalho apresenta uma disciplina a distância focada na Dinâmica de Sistemas para o curso de Licenciatura em Biologia. Essa abordagem permite desenvolver o pensamento sobre os sistemas, e pode melhorar a capacidade de prever eventos, reconhecer mecanismos de controle, pensar sobre padrões de comportamento, testar hipóteses e

identificar relações de causa e efeito ao longo do tempo e contribuindo para o desenvolvimento do pensamento sistêmico.

Para demonstrar os fundamentos da Dinâmica de Sistemas, foram usados modelos simulação baseados em técnicas desenvolvidas pelo Raciocínio Qualitativo, uma área da Inteligência Artificial voltada para a criação de modelos que não usam dados numéricos, expressam relações de causa e efeito e contribuem para aumentar a compreensão de fenômenos (FORBUS, 1984).

Os modelos foram construídos em DynaLearn ([www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu)), uma bancada de modelagem que permite construir modelos qualitativos de seis graus de complexidade em diferentes *Learning spaces* (LS ou espaços de aprendizagem) (BREDEWEG *et al.*, 2013). No presente estudo foram criados modelos dos tipos mapa conceitual no *Learning space 1* (LS1), diagramas de influência nos LS 2 e 3, e no LS4, modelos nos quais podem ser analisadas relações de causalidade que operam em todo o sistema, incluindo mecanismos de controle por retroalimentação (BREDEWEG *et al.*, 2013). Desse modo, podem-se fazer experimentos e estudar o comportamento dos sistemas modelos ao longo do tempo, sem os limites de aspectos físicos, biológicos, econômicos e sociais envolvidos em estudos com sistemas reais.

A possibilidade de ampliar a disseminação dessa abordagem nos levou a propor à criação de uma disciplina a distância com o objetivo de capacitar os licenciandos em Biologia da Universidade Aberta do Brasil/ Universidade de Brasília (UAB/UnB), o que colocou os grandes desafios de utilizar o computador para explorar e construir modelos qualitativos a distância.

A estruturação da proposta para esta disciplina e os desafios para sua implantação são os objetivos da pesquisa aqui descrita. Optou-se por desenvolver esta pesquisa de forma qualitativa, registrando e analisando toda a construção e implementação de uma disciplina a distância na forma de um estudo de caso (YIN, 2005).

De maneira a definir melhor a concepção do presente trabalho, foram estabelecidos os seguintes objetivos geral e específicos:

**Objetivo geral:** apresentar a disciplina *Introdução à Dinâmica de Sistemas*, a ser oferecida no curso de Licenciatura em Biologia a Distância da UAB/UnB.

**Objetivos específicos:**

- Apresentar ao professor em formação, por meio de metodologia de ensino-aprendizagem baseada na educação a distância, a dinâmica qualitativa de sistemas;
- Desenvolver materiais didáticos, de apoio à modelagem e explorar o potencial educacional de modelos qualitativos de simulação;

- Contribuir para o desenvolvimento do pensamento sistêmico nos licenciandos.

O presente trabalho foi dividido em sete seções. Na primeira, é feita uma revisão teórica de temas relevantes para a presente pesquisa, a formação inicial dos professores e as TIC. Na seção 2, é introduzida a modelagem baseada em raciocínio qualitativo, área que oferece técnicas que permitem uma leitura não numérica da estrutura dos sistemas e de seu comportamento. Conceitos sobre a Dinâmica de Sistemas foram tratados na seção 3. Essa abordagem está relacionada com a representação de problemas complexos em modelos de simulação, implantados no *software* DynaLearn. Com o intuito de ilustrar os conceitos fundamentais da dinâmica qualitativa de sistemas e do pensamento sistêmico, foi criado um modelo sobre a fotossíntese, e discutidas aplicações da Dinâmica de Sistemas na educação.

Na seção 4 é descrita a metodologia adotada para o estudo dos procedimentos utilizados para a elaboração da proposta de disciplina; a caracterização dos sujeitos envolvidos nas aplicações da disciplina; os instrumentos utilizados para a coleta de informações sobre o desempenho acadêmico dos alunos e a avaliação dos resultados.

O percurso feito para chegar à proposta da disciplina para o Curso de Licenciatura em Biologia a Distância (CLBaD) na UAB/UnB, a elaboração dos materiais didáticos, a organização da disciplina no ambiente de aprendizagem virtual *MOODLE*<sup>1</sup>, elaboração dos exercícios, aulas presenciais e o tutorial usados pelos alunos durante o semestre são apresentados na seção 5.

A seção 6 mostra a análise das questões investigativas exploradas em observações, questionários e entrevistas, e a discussão dos resultados obtidos. A seção 7 traz comentários sobre a proposta final feita ao curso de Licenciatura em Biologia a Distância e, fechando o trabalho, as considerações finais acerca das perspectivas da formação docente voltada para a Dinâmica de Sistemas e para o desenvolvimento do pensamento sistêmico na Licenciatura em Biologia a Distância, com o uso dos modelos qualitativos. Ressalte-se que a Proposta da disciplina “*Introdução à Dinâmica de Sistemas*” para o curso de Licenciatura em Biologia a Distância da UAB/UnB é apresentada no Apêndice D desta Dissertação.

---

<sup>1</sup> *MOODLE* é o acrônimo de “*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*”, um software livre, de apoio à aprendizagem, executado num ambiente virtual. A expressão designa ainda o Learning Management System (Sistema de gestão da aprendizagem) em trabalho colaborativo baseado nesse programa, acessível através da Internet ou de rede local. O programa permite a criação de cursos “*on-line*”, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem.

# 1 FORMAÇÃO DE PROFESSORES E APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR

O uso das TIC atualmente abrange todas as áreas, e a utilização dos recursos tecnológicos na vida das pessoas a cada dia se torna cada vez mais importante. Particularmente o uso de computadores e da internet estão provocando um novo direcionamento para a cultura, comunicação e educação.

## 1.1 Formação de Professores e as Tecnologias da Informação e Comunicação

As TIC propiciam novas formas de aprendizado, pois os alunos estão imersos em uma sociedade em que a todo o momento eles são recrutados a utilizá-las para todos os fins, desde um simples telefonema ao uso do mais sofisticado *softwares* de jogos.

Para Belloni (2010, p.251), “a tecnologia não pode substituir o professor, mas exige dele uma atuação mais complexa, para a qual ele não está sendo bem formado”. Os profissionais da educação básica, em sua maioria, não estão preparados para lidar com esses desafios, e as dificuldades são decorrentes, principalmente, de uma defasagem crescente na formação inicial.

De acordo com Kensky (2007), é importante que os professores juntem conteúdos curriculares e recursos tecnológicos em situações organizadas e coerentes, construindo um aprendizado significativo. As tecnologias devem ser pensadas e utilizadas de forma a enriquecer os trabalhos dos professores. Dessa forma, a incorporação das TIC no currículo de formação dos professores visa preparar profissionais autônomos, reflexivos e capazes de adaptar suas estratégias didáticas. Saber usar as tecnologias, desde a sua formação, possibilita ao futuro professor se sentir mais adaptado e confiante, usando-as de forma mais criativa e inteligente.

A razão para uma nova abordagem dos conteúdos através das tecnologias está fundamentada em constatações observadas nas experiências de implantação da Informática nas escolas. Essas experiências têm mostrado que a formação de professores é fundamental, porém exigem uma abordagem totalmente diferente, pois somente mostrar o funcionamento do computador e suas funções básicas não traz mudança significativa na educação (VALENTE,1999).

De acordo com Delizoicov *et al.* (2009, p.33), “pesquisas em educação mostram a necessidade de mudanças na atuação do professor nos diversos níveis de ensino”. Não é

possível pensar a educação atualmente sem discutir formas de construir o conhecimento pela mediação tecnológica no trabalho docente (KENSKY, 2007). Essa autora comenta que a presença de determinada tecnologia pode introduzir profundas mudanças na maneira de organizar o ensino. Nesse sentido, destacam-se as contribuições do registro, organização e recuperação das informações e a exploração do fazer, e fazer as produções para avaliação formativa e em processo, bem como para a autoavaliação, propiciando acompanhar de forma contínua os processos interativos.

Mesmo em países como a França e os Estados Unidos, referências sobre o uso de Informática na Educação, não houve uma mudança significativa imediata no modo como os computadores são usados, pois a formação dos professores era baseada na transmissão do conhecimento e não na elaboração de conhecimentos pelo aluno por meio de ações desenvolvidas com os computadores (VALENTE, 1999).

Entretanto, usar a tecnologia para apresentar o conteúdo de forma diferente não constitui necessariamente uma nova forma de ensinar. Da mesma forma, “empregar recursos audiovisuais e tecnológicos de uma forma geral somente ganha sentido à medida que não são meras ilustrações, mas possibilidades de atuação” (DELIZOICOV *et al.*, 2009, p 35).

De fato, é preciso usar as TIC como ferramentas pedagógicas para efetivamente ensinar e aprender de forma virtual. São necessários professores capacitados a usar toda essa tecnologia disponível para oportunizarem aos alunos interagirem com elas desenvolvendo habilidades para a construção do seu conhecimento. Nesse sentido, os cursos de formação de professores são lugares privilegiados para a discussão e manuseio de tecnologias para serem utilizados nas salas de aula e para que “o novo conhecimento produzido a partir da prática passe a permear as ações docentes e se torne objeto de estudo e discussão no currículo dos cursos” (DELIZOICOV *et al.*, 2009, p.41).

Essa capacitação deve ser feita na formação inicial dos licenciandos, para que estes sejam incentivados a desenvolver e usar metodologias que explorem amplamente as TIC, não somente de forma instrumental, mas também de forma a promover a criatividade, a interpretação, o planejamento e execução das atividades didáticas. Além disso, o uso das TIC deve estimular a exploração do conhecimento, para que o aluno se torne ativo na sua relação com o aprendizado.

Para ensinar, o professor necessita de conhecimentos e práticas que ultrapassem o campo de sua especialidade. Dessa maneira, sua formação deve se preenchida de vários outros saberes para poder transformar o saber científico e tecnológico em conteúdos formativos (DELIZOICOV *et al.*, 2009, p.16).

O processo de formação deve oferecer condições para que o professor possa conhecer as técnicas computacionais e entender por que e como integrar o computador na sua prática pedagógica (VALENTE, 1999).

De acordo com Lima (2010, p. 23),

Abordando as possíveis formas de utilização do computador no ensino, os cursos de capacitação contribuirão para que o professor possa inserir-se nessa nova realidade que se aproxima para a escola. Pois sendo ele capaz de avaliar os melhores programas educativos que podem ser utilizados em sala de aula, também lhe caberá a definição da melhor maneira de empregar essa tecnologia de forma que a informática na educação seja vista não como uma panaceia para os problemas escolares, mas, antes de tudo, como um novo recurso didático que pode contribuir na melhoria da qualidade de ensino.

Nesse sentido, a formação dos professores deve contemplar os saberes virtuais e individuais, para um processo de ensino-aprendizagem tendo o computador como um meio, em que o indivíduo se utilize da máquina como objeto de conhecimento de uma forma interativa e colaborativa. Dessa forma, o licenciando não será somente um observador, mas terá a vivência de diferentes situações em que a informática é usada como recurso educacional, e poderá compreender qual é o seu papel como mediador na construção do conhecimento de seu aluno e aprender como fazer opções quanto à metodologia a ser empregada (VALENTE, 1999).

Longe de ser puramente um acúmulo de técnicas, didáticas, e de teorias muitas vezes incompatíveis com a prática a ser desenvolvida, a formação do professor deve ser pensada tanto no campo teórico, quanto na atividade prática. A formação do docente só poderá ser compreendida e assumida plenamente mediante a vivência prática de situações concretas baseadas em processos de reflexão.

A formação inicial deve possibilitar ao licenciando a interação com as TIC, de modo que possa integrá-las à prática pedagógica. É importante ponderar as possíveis dificuldades dos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem em relação às TIC e criar meios para minimizá-las. O uso do computador por si só não trará, como disseram os autores citados, a construção do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades dos licenciandos. É preciso saber usar os recursos tecnológicos, para que o processo de ensino-aprendizagem de fato aconteça, gerando no futuro professor a capacidade de ser ativo no seu próprio processo de construção de conhecimentos.

## 1.2 Aprendizado Mediado por Computador

O grande desafio da aprendizagem mediada por computador é a mudança da abordagem educacional: transformar uma educação centrada no ensino demonstrativo, na transmissão da informação, para uma educação em que o aluno possa realizar atividades no computador com autonomia e, assim, aprender.

Para Valente (1999, p.20),

A sala de aula deve deixar de ser o lugar das carteiras enfileiradas para se tornar um local em que professor e alunos possam realizar um trabalho diversificado em relação ao conhecimento. O papel do professor deixa de ser o de “entregador” de informação para ser o de facilitador do processo de aprendizagem. O aluno deixa de ser passivo, de ser o receptáculo das informações, para ser ativo aprendiz, construtor do seu conhecimento. Portanto, a ênfase da Educação deixa de ser a memorização da informação transmitida pelo professor e passa a ser a construção do conhecimento realizada pelo aluno de maneira significativa, sendo o professor o facilitador desse processo de construção.

De acordo com Mill (2010), há diferenças entre os modos de aprender das novas gerações, que tendem a se acentuar com o contato cada vez mais precoce com as TIC. “Os jovens recorrem a práticas intensivas, a experimentação repetida ao ensaio e erro (em vez de consultar manuais), a exploração aleatória dos programas e sítios, e estabelecem uma relação dinâmica com as máquinas”. A coordenação visual-motora e as instituições espaço temporais desempenham um papel mais importante que o raciocínio ordenado e sistemático típico de ensino escolar (MILL, 2010, p. 33).

De acordo com Valente (2010), há sinais claros de que o professor ainda não utiliza o potencial do computador como ferramenta pedagógica e o que parece mais grave é que, quando faz uso, reproduz velhas práticas que do ponto de vista pedagógico e se limita a uma educação, como diria Paulo Freire, bancária (FREIRE, 1983).

Freitas (1998, p.10) comenta que o conhecimento não provém de uma experiência única com os objetos, mas das “relações entre o sujeito que atua e pensa, e os objetos de sua experiência”. Assim, na interação do aluno com o computador a construção do conhecimento começa a partir do momento em que há uma interação efetiva entre o aluno e o computador, e não apenas transmissão de conteúdo.

Cysneiros (1998), ao criticar a entrada dos computadores na escola alerta que os mesmos não representam qualidade na educação, mas uma inovação conservadora como tantos outros exemplos experimentados anteriormente: “O fato de se treinar professores em cursos intensivos e de se colocar equipamentos nas escolas não significa que as novas

tecnologias serão usadas para a melhoria da qualidade do ensino” (CYSNEIROS, 1998, p.205).

Para que o computador seja de fato aproveitado como um recurso educacional, a interação deve se dar de forma a proporcionar oportunidades para que o aluno se sinta desafiado a sair da sua comodidade e pensar, formular hipóteses e solucionar problemas. Para isso, cabe ao professor articular experiências em que o aluno reflita sobre suas relações com o mundo e o conhecimento e assuma papel ativo no seu processo de ensino e aprendizagem.

A fim de auxiliar o licenciando a desenvolver conhecimentos sobre o próprio conteúdo e sobre como o computador pode ser integrado no desenvolvimento desse conteúdo, os cursos de formação inicial presencial ou a distância mostram-se de fundamental importância no processo dessas novas abordagens.

Para que o computador seja utilizado como ferramenta para mediar a educação e fazer com que o processo de ensino-aprendizagem se torne articulado, reflexivo, menos fragmentado e dinâmico, é preciso promover uma mudança pedagógica como a sugerida por Valente (1999, p. 31), “que faça a passagem de uma educação baseada na transmissão da informação para a criação de ambientes de aprendizagem nos quais o aluno realiza atividades e constrói o seu conhecimento”.

Por sua vez, o aluno deverá ser ativo na busca da construção de seu conhecimento, saindo da passividade de quem só recebe para se tornar ativo na busca de informação, de problemas para resolver e de assuntos para pesquisar. Isso implica ser capaz de assumir responsabilidades, tomar decisões e buscar soluções para problemas complexos que não foram pensados anteriormente e que não podem ser atacados de forma fragmentada (VALENTE, 1999).

Nos ambientes interativos de aprendizado no computador, o aprendizado é entendido como a construção individual do conhecimento a partir de atividades de exploração, investigação e descoberta. O “aprender fazendo e refletindo” é exemplificado em ambientes de modelagem e simulação, micromundos, ambientes de programação e de autoria (VALENTE, 1999, p. 50).

Uma maneira muito interessante de interagir e utilizar o computador na educação é construir e explorar modelos de simulação, uma técnica usada para estudar o comportamento de muitos fenômenos reais. Modelagem computacional é a atividade de usar o computador para expressar aspectos relevantes de um sistema ou de um fenômeno/processo, com o objetivo subsequente de explorar possíveis consequências do modelo e reavaliar, a partir do

*feedback* da simulação, não apenas o modelo construído, mas o próprio conhecimento representado no modelo sobre o fenômeno/processo-alvo.

De acordo com Valente (1999, p. 50), “simulação é a parte do processo de modelagem que envolve execução do modelo e análise dos resultados”. Os resultados dessas simulações podem ser representados em grafos e tabelas que os programas de simulações oferecem, desta forma o aluno poder analisar os resultados avaliando suas hipóteses e revendo suas atividades. A execução do modelo na máquina possibilita uma avaliação que pode levar o aprendiz a questionar o modelo (VALENTE, 1999).

A modelagem tem sido defendida para o desenvolvimento de habilidades em resolução de problemas, tomada de decisão, apresentação e comunicação do entendimento e do conhecimento que o estudante tem em um dado domínio. Hassel e Webb (1990, p. 268) sugerem que a modelagem encoraja os estudantes na clarificação de suas ideias, expressando-as de forma concreta.

A proposta de usar ambientes de modelagem para finalidades educacionais desloca o foco da atenção para aspectos de interação usuário-sistema que possibilitem ao aprendiz construir, testar e refinar seu modelo, na forma mais concreta possível de promover ativa e conscientemente a aprendizagem sobre determinado fenômeno.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar proposta para a criação de uma disciplina que utiliza a construção e a exploração de modelos de simulação na abordagem da Dinâmica de Sistemas num curso de licenciatura a distância.

### **1.3 A Modalidade a Distância com o Uso das TIC**

Diante das novas possibilidades das TIC, a EaD precisou rever suas concepções e práticas de desenvolvimento de cursos (ALMEIDA, 2010). O professor não está mais no centro, é preciso uma mudança radical no jeito de ensinar e aprender necessita-se de uma formação mais específica mais sintonizada com a cultura dos alunos (BELLONI, 2009).

A EaD se consolida como uma modalidade para a formação de professores para a educação básica, bastante adequada, pois o professor formado com apoio das TIC estará certamente preparado para essa missão de integrar as tecnologias em suas práticas pedagógicas de modo crítico, criativo, inteligente e competente.

De acordo com Levy (1999, p.171): “O professor torna-se um animador da inteligência colaborativa dos grupos que estão a seu encargo. Sua atividade está centrada no acompanhamento e na gestão das aprendizagens [...]”

Os professores devem contribuir para que os alunos se tornem cada vez mais autoconfiantes, para que a ausência física do professor seja minimizada. Assim, é importante utilizar-se dos novos artefatos tecnológicos como recurso de ensino-aprendizagem, construindo-se de métodos criativos e críticos e não meramente instrumental.

O uso de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) é uma forte tendência na EaD brasileira. Eles são constituídos como sistemas específicos com características peculiares.

Segundo ALMEIDA (2003, p.331), o ambiente de aprendizagem “permite integrar múltiplas mídias, linguagens e recursos” e pode e deve ser organizado, para as interações entre pessoas e objetos do conhecimento para atingir um objetivo próprio.

Os recursos do AVA são os mesmos da internet, com a facilidade de incorporar elementos que viabilizem o gerenciamento de arquivos e cópias de segurança, podendo integrar recursos midiáticos digitais e analógicos, fazendo com que a educação não tenha um local e tempo preciso, mas diversas e inúmeras possibilidades dependendo dos objetivos pedagógicos que querem ser alcançados.

Esse ambiente promove uma interação mútua em que as ações se dão de forma interdependentes, ou seja, cada agente ativo e interativo influencia e é influenciado pelo comportamento do outro (DIAS; LEITE, 2010).

Desta forma, as práticas pedagógicas na EaD precisam contemplar essa forma de pensar e promover o pensamento complexo, sistêmico e ético, buscando não seguir uma estrutura curricular, mas integrar os recursos tecnológicos para uma educação que seja, de fato, feita a partir da construção do conhecimento.

De acordo com Mill (2010), uma transformação no cenário da educação brasileira poderia ser conseguida através da EaD, que pode contribuir tanto para melhorar a qualidade do ensino superior na formação inicial de professores quanto para a expansão da escola básica de qualidade (único caminho para inclusão social), integrando as TIC aos processos educacionais em todos os níveis.

Portanto, admite-se que os alunos das licenciaturas em EaD, por serem formados com as TIC, estarão mais habituados com as novas formas de ensino-aprendizagem e poderão utilizar as TIC em suas práticas pedagógicas, e assim contribuir para melhorar a qualidade das escolas de Educação Básica.

A modelagem qualitativa pode ser uma forma de atingir esse objetivo, porque proporciona aos alunos da EaD oportunidade para utilizar o computador de forma interativa e colaborativa.

Na UnB, o sistema UAB, visando ampliar o acesso a educação superior no Brasil (CHAVES FILHO, 2012), tem seus objetivos orientados para o oferecimento prioritário de cursos de licenciatura e formação inicial de professores da educação básica; para a capacitação de dirigentes, gestores e trabalhadores em educação básica; e para a oferta de cursos superiores.

O Curso de Licenciatura em Biologia a Distância da UAB/UnB começou em 2008, nos polos de Itapetininga (SP) e Ceilândia (DF). Esse não foi o primeiro curso de graduação a distância do qual o Instituto de Ciências Biológicas (IB) participou. De fato, o Instituto participou, em 2005, do Programa de Formação Inicial para Professores dos Ensinos Fundamental e Médio, já encerrado. A proposta pedagógica era diferente daquela adotada no curso presencial. Em lugar do currículo clássico, foi feita uma abordagem interdisciplinar, em módulos.

O curso iniciado em 2008 está ativo e conta, hoje, com polo de Itapetininga (SP) e mais um polo, localizado na cidade de Alto Paraíso de Goiás (GO), em que ofereceu vagas a partir do último vestibular, em 2014. O material utilizado nas disciplinas do curso era aquele produzido pelo Programa de Formação Inicial para Professores, de 2005. Porém, por falta de adequação aos conteúdos, de treinamento dos tutores e por divergências de autores, esse material não foi mais usado depois de 2010 (ZANOTTA *et al.*, 2012).

Em 2010, o Instituto de Ciências Biológicas aprovou a convergência entre as matrizes curriculares do Curso de Licenciatura de Biologia presencial e a Distância (CLBaD). Nos cursos oferecidos pela UAB, tem-se a figura do tutor, uma pessoa responsável por mediar e estabelecer um contato mais próximo entre alunos, professor e disciplina. Além do conhecimento específico da matéria, esse profissional deve também ter conhecimento da prática de tutoria a distância.

Zanotta *et al.* (2012) afirmam que a eficácia da educação a distância, tal como na educação presencial, depende do planejamento e da preparação do processo de encaminhamento das disciplinas e não apenas da inovação tecnológica. Com os novos desenvolvimentos da EaD, coloca-se a necessidade de adotar uma prática pedagógica coerente com os novos desenvolvimentos da EaD. O aluno é sujeito ativo e está no foco da aprendizagem, o que requer a flexibilização das atividades educativas, interação no processo de ensino aprendizagem e inclusão digital (PIMENTEL, 2012)

Assim, as instituições que promovem a EaD precisam fortalecer a pesquisa em novas formas de utilização das TIC, em especial do computador, para favorecimento da

aprendizagem. Ao oferecer aos alunos do CLBaD disciplina voltada para a introdução da Dinâmica de Sistemas baseada em modelagem qualitativa, a UAB/UnB reforça essa ideia.

## 2 MODELAGEM BASEADA EM RACIOCÍNIO QUALITATIVO

Nesta seção, serão apresentados conceitos gerais de modelagem qualitativa (seção 2.1), e na seção 2.2 será apresentada a Teoria Qualitativa dos Processos, base teórica da abordagem adotada para o presente trabalho. Na seção 2.3 será apresentado o *software* DynaLearn, usado para a construção de modelos e para realizar as simulações.

### 2.1 Modelagem Qualitativa

Um modelo pode ser definido como representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT; BOULTER, 1995). Dessa forma não é uma cópia da realidade, mas uma forma de representá-la, a partir de interpretações pessoais ou baseadas na literatura (FERREIRA; JUSTI, 2008).

Os modelos adotados no desenvolvimento desta proposta têm como base uma área da Inteligência Artificial conhecida por Raciocínio Qualitativo (RQ), que desenvolve técnicas para modelar a estrutura e o comportamento de sistemas com base em conhecimentos incompletos (FORBUS, 1984), o que proporciona oportunidades para ampliar o nível de conhecimento sobre sistemas pouco conhecidos, sem fazer uso de dados numéricos.

O aspecto mais abordado nessa área de investigação é o estudo do comportamento de sistemas físicos, com base na representação da estrutura dos sistemas modelados. O RQ oferece, ainda, vocabulário conciso para modelagem das representações qualitativas, descrição de objetos, situações, relações de causalidade, mecanismos de mudança (WELD; de KLEER, 1990). Com essas características, a modelagem qualitativa permite a construção de modelos fáceis de entender, operar e modificar, que produzem resultados compreensíveis tanto para especialistas, que podem usá-los em pesquisas científicas, como para não especialistas (SALLES; BREDEWEG, 2005).

O uso de tais modelos aumenta o entendimento de sistemas complexos, característica fundamental para a aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento sistêmico. A partir do entendimento de um sistema, objetivos de maior complexidade podem ser atingidos. Por exemplo: aplicações em contextos diferentes daqueles nos quais os conhecimentos foram adquiridos; teste de hipóteses ou procedimentos alternativos; formulação de ideias e a

construção de argumentos; análise e busca de meios para solucionar problemas. Com tais características, modelos qualitativos contribuem para tornar processos de tomada de decisão mais bem informados, e para dar sustentação a inúmeras aplicações educacionais (SALLES; BREDEWEG, 2005).

No raciocínio qualitativo a representação do tempo é intimamente mesclada com a representação de mudanças nos valores qualitativos nas variáveis. Com efeito, as mudanças nos valores qualitativos representam a passagem do tempo. O valor qualitativo de uma quantidade é representado pelo par  $\langle \text{Magnitude}, \text{Derivada} \rangle$ . A magnitude representa a quantidade da “coisa”, e a derivada, a direção da mudança do valor dessa “coisa”. Por exemplo, o volume de água de um reservatório, durante a seca, pode ser  $\langle \text{pequeno}, \text{negativo} \rangle$ , sendo a derivada negativa uma indicação de que o volume está diminuindo. Os valores que magnitude e derivada podem assumir são representados no Espaço Quantitativo (EQ). Por exemplo,  $\{\text{zero}, \text{pequeno}, \text{médio}, \text{grande}\}$ . Os valores que as derivadas podem assumir são representados pelo espaço quantitativo  $\text{EQ} = \{\text{negativo}, \text{zero}, \text{positivo}\}$ , cujo significado é que o valor da magnitude é, respectivamente, decrescente, estável e crescente (BREDEWEG *et al.*, 2006).

De acordo com Forbus (1984), o RQ é um poderoso fundamento para a geração de explicações e previsões sobre o comportamento e estados qualitativos do sistema modelado, porque sua estrutura é explicitamente representada em termos de componentes relevantes, processos, quantidades, espaços quantitativos, premissas.

Um dos pontos mais fortes dessa representação é a representação das relações de causa e efeito, que dão fundamento a explicações e previsões sobre o comportamento do sistema. Os modelos qualitativos baseados em RQ permitem lidar com problemas, procedimentos, previsões e explicações nos níveis conceitual e intuitivo, e promovem a compreensão do sistema em estudo. Por essa razão, modelos construídos com base em técnicas do RQ são chamados modelos conceituais.

Para a construção dos modelos na disciplina, foi escolhida a abordagem proposta pela Teoria Qualitativa dos Processos – TQP (FORBUS, 1984), descrita na seção seguinte.

## **2.2 Teoria Qualitativa dos Processos – TQP**

Na abordagem fundada na Teoria Qualitativa dos Processos (TQP), o mundo é modelado com base em objetos físicos, cujas propriedades contínuas são descritas por quantidades (FORBUS, 1984). Admite-se que processos são a causa primária e única de todas

as mudanças no sistema e, portanto, razão do comportamento dinâmico. Dois elementos de modelagem se destacam, por darem o fundamento matemático para a representação de conhecimentos na forma qualitativa e por representarem relações de causalidade: as influências diretas (I+ e I-), que programam o mecanismo implícito na noção de processo; e as proporcionalidades qualitativas (P+ e P-), cuja função é propagar os efeitos de um processo para outras partes do sistema.

Do ponto de vista matemático, influências diretas representam equações diferenciais, em que uma taxa influencia uma variável de estado. Proporcionalidades qualitativas indicam que existem relações monotônicas entre quantidades. Combinadas, influências diretas e proporcionalidades qualitativas podem ser usadas para construir equações (qualitativas) nos modelos qualitativos. Como a causalidade é representada explicitamente, qualquer mudança em uma variável pode ser justificada pela rede de relações entre Is e Ps. Maiores detalhes sobre esse aspecto serão apresentados abaixo.

### **2.3 Bancada de Modelagem em DynaLearn**

Para o presente trabalho foi usado o *software* DynaLearn (BREDEWEG *et al.* 2013), desenvolvido no Projeto DynaLearn – *Engaging and informed tools for learning conceptual system* ([www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu)). Esse *software* é uma bancada de modelagem e simulação que combina três abordagens tecnológicas já testadas, mas nunca antes combinadas, e aproveita novas possibilidades que emergem dessa combinação. Essas abordagens tecnológicas são: a modelagem conceitual baseada em raciocínio qualitativo; o uso de mapeamento de ontologias para definir e classificar os conhecimentos representados nos modelos qualitativos; e o uso de agentes virtuais, personagens que aparecem na tela do *software* e que interagem, de maneira lúdica, com os estudantes.

O projeto DynaLearn foi financiado pela União Europeia, e teve a participação da Universidade de Brasília. Estudos realizados com estudantes de vários países (Mioduser *et al.* 2005) têm mostrado que o RQ contribui na representação de uma dinâmica qualitativa dos sistemas, auxilia no desenvolvimento do pensamento científico em estudantes. Os resultados indicam melhora na capacidade de fazer inferências explorando as relações causais, depois das atividades de modelagem realizadas pelos professores do ensino médio (Mioduser *et al.*, 2012). Os estudos confirmam resultados anteriores com alunos surdos (SALLES *et al.*, 2005), os quais demonstraram que o uso dos modelos qualitativos contribuiu para que os alunos melhorassem o desempenho na construção de textos.

DynaLearn oferece seis níveis de dificuldade (*Learning Spaces – LS*) para a modelagem conceitual, descritos em Bredeweg *et al.* (2013). O primeiro nível (*LS1*) é a representação de mapas conceituais, em que conceitos são relacionados e não se podem fazer simulações. Modelos construídos no nível *LS2* são representações de diagramas de influências, nos quais apenas as derivadas são consideradas; a simulação permite o cálculo dos valores de derivadas de todas as quantidades, mas não mostra a dinâmica do sistema.

No nível *LS3*, o diagrama de influências é acrescido dos valores de magnitude de uma ou mais quantidades; o resultado é uma simulação, que mostra a variação da magnitude ao longo do tempo. O nível *LS4* é mais complexo, pois introduz a noção de processo e a diferenciação entre influências diretas (I+ e I-) e as proporcionalidades qualitativas (P+ e P-); mecanismos de controle tais como retroalimentação, podem ser representados a partir desse nível. Os demais níveis (*LS5 e LS6*) são bem mais avançados e não serão abordados.

A abordagem pedagógica adotada pelo projeto DynaLearn tem por base os seguintes pontos:

a) currículo focado em competências e habilidades, como a aquisição de vocabulário, compreensão de conceitos científicos, aplicação de conhecimentos para a solução de problemas, tomada de decisões, capacidade de argumentação, e estímulo à capacidade de formular propostas voltadas para a sustentabilidade e para o desenvolvimento humano;

b) currículos abertos nos quais temas de ciências ambientais são organizados como uma rede de tópicos que pode ser navegada via diferentes rotas. Os tópicos podem ser organizados segundo interesses e necessidades do estudante;

c) tarefas educacionais baseadas em projetos, de modo a contribuir para que sejam desenvolvidas no estudante habilidades de buscar os recursos pedagógicos necessários e organizar seus próprios estudos;

d) fornecimento de meios para a construção de conhecimentos por meio de estudos contextualizados e acompanhados por materiais didáticos interdisciplinares;

e) cursos baseados em modelos, composto por atividades de exploração de modelos prontos ou de construção de modelos, nas quais a modelagem possa ser iniciada pela definição de temas, planejamento e construção do modelo, ou então diferentes modelos já implementados possam ser combinados para produzir modelos mais complexos.

Para a construção dos modelos nesse trabalho, foi usada a ferramenta DynaLearn e a abordagem da Dinâmica de Sistemas modelada a partir da TQP. Este tema será tratado na próxima seção.

### 3 DINÂMICA DE SISTEMAS

Sistema é uma unidade que consiste de um ou mais objetos estruturalmente conectados, cujos estados dependem uns dos outros. Portanto, são componentes essenciais de um sistema os objetos e as relações entre eles. Juntos, constituem a estrutura do sistema, que deve ser delimitada e, assim, isolada do ambiente onde se encontra o sistema (BOSSSEL, 1986). A noção de sistema passou a fazer parte da maneira como analisamos diversos fenômenos, em diferentes áreas do conhecimento, e influenciou boa parte do vocabulário científico que é utilizado em atividades educacionais (por ex., sistema digestório, sistema fotossintetizador, ecossistema, entre outros).

#### 3.1 Conceitos Fundamentais da Dinâmica Qualitativa de Sistemas

O pensamento sistêmico pode ser definido como uma técnica de análise científica que busca compreender como as relações entre as partes de um sistema formam um todo, e assim oferece suporte para a compreensão do comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo. A Dinâmica de Sistemas, por sua vez, é considerada a disciplina mais adequada para desenvolver o pensamento sistêmico (CAULFIELD; MAJ, 2001).

A Dinâmica de Sistemas é metodologia usada para a construção de modelos de simulação sobre sistemas complexos e então fazer experimentos para estudar o comportamento desses sistemas ao longo do tempo (CAUFIELD; MAJ, 2001). Originalmente desenvolvida nos anos 1950 para auxiliar gerentes corporativos a melhorar seu entendimento de processos industriais, atualmente continua a ser utilizada em organizações públicas e privadas para análise de políticas e projetos (FORRESTER, 1997), mas tornou-se base para métodos de abordagem científica em diversas disciplinas.

Um exemplo frequentemente lembrado é a influência que os trabalhos dos irmãos Howard e Eugene Odum tiveram na ecologia. Com efeito, a revisão de conceitos como ecossistema e homeostase e o uso da linguagem matemática para descrever fenômenos ecológicos, apresentados no livro-texto *Fundamentals of Ecology*, abriram caminho para uma abordagem unificadora das diversas áreas da ecologia (WORSTER, 1998).

Os livros de Eugene Odum (por exemplo, Odum, 1985), que introduziram a visão sistêmica em livros-texto de ecologia, ainda hoje influenciam estudantes de ecologia em nível superior, e outras iniciativas de introduzir a Dinâmica de Sistemas na educação básica são

conhecidas. Escolas dos Estados Unidos utilizam a Dinâmica de Sistemas para desenvolver o pensamento sistêmico há alguns anos, como mostra o seguinte texto:

‘Estamos introduzindo no jardim de infância os conceitos de fluxos e estoques e da ideia de que o comportamento pode ser representado graficamente ao longo do tempo. Começa com estudantes do ensino fundamental mapeando conjuntos de informações e trabalhando com retroalimentações (loops) causais para explicar os ciclos da natureza e eventos diários. Os alunos continuam a trabalhar em todo o currículo, reforçando seu entendimento de comportamentos ao longo do tempo, loops causais e simulações mediadas por uma abordagem de sistemas. No quinto ano, os alunos estão manipulando modelos simples de computador, que integram seu currículo. (FORRESTER, 1997, p.8, citando o Diretor de uma escola, com adaptações).

Entre os conceitos fundamentais para a abordagem baseada na Dinâmica de Sistemas, incluem-se as noções de estoques e fluxos e o funcionamento de mecanismos de retroalimentação, elementos centrais para compreender como funcionam os controles do sistema. Desse modo, o aluno pode perceber que sistemas complexos apresentam comportamentos não lineares, em contraposição à visão linear do comportamento (FORRESTER, 1997).

Entretanto, o uso de métodos quantitativos, tais como ocorre frequentemente nos estudos baseados na Dinâmica de Sistemas, é limitado por alguns fatores, entre os quais podem ser citados: a carência de séries de dados numéricos completos e de boa qualidade, situação muito comum em estudos de ecologia; e a dificuldade que os estudantes, de modo geral, sentem para lidar com funções matemáticas do tipo equações diferenciais. A modelagem qualitativa baseada na TQP é uma alternativa satisfatória para construir uma Dinâmica Qualitativa dos Sistemas (DQS) (SALLES *et al.* 2012).

Para representar a dinâmica qualitativa dos sistemas, é preciso expressar qualitativamente as equações diferenciais, nas quais as restrições são colocadas sobre as derivadas das quantidades, e não diretamente nas próprias quantidades.<sup>2</sup> A noção de ‘influência direta’ (I) na Teoria Qualitativa dos Processos (TQP) provê essa representação. Por exemplo, a relação I+ é definida como segue: I+ (Q1, Q2), na qual Q2 é uma taxa e Q1 uma variável de estado, e a relação significa  $dQ1 / dt = \dots + Q2\dots$ , quer dizer, a magnitude de Q2 é somada à derivada de Q1 (e, posteriormente, esta é somada à magnitude de Q1). Por analogia, I- indica que a magnitude da taxa é retirada da variável influenciada. Em TQP as proporcionalidades qualitativas (P) também têm significado matemático e expressam relação

---

<sup>2</sup> Essa expressão chama a atenção do leitor para a maneira como se calcula o valor das quantidades em um sistema dinâmico. Primeiro se calcula a ‘quantidade de variação’ (derivada) em um período de tempo específico, e depois esse valor é somado ou subtraído do valor que a quantidade tinha no início do período de tempo considerado. Este será o valor da quantidade ao final do período de tempo considerado.

de causalidade. Assim, por exemplo, P+ (Q3, Q4) indica que Q3 é ligada a Q4 por meio de uma função monotônica tal que quando Q4 estiver variando, Q3 também variará na mesma direção. Em outras palavras, o valor da derivada de Q4 é transmitido à derivada de Q3. Por exemplo, se Q4 estiver aumentando (derivada positiva), Q3 também aumentará (adquire derivada positiva). Essa relação também significa que Q4 causa mudanças em Q3 (e nunca o contrário).

Similarmente, P- (Q3, Q5). Neste caso, se Q5 estiver variando, Q3 variará na direção contrária. Por exemplo, se Q5 estiver aumentando, Q3 vai diminuir. Com efeito, influências diretas e proporcionalidades permitem representar qualquer equação diferencial ordinária em que a variável independente é o tempo (FORBUS, 1984).

Bredeweg e Forbus (2003) discutem a modelagem qualitativa no processo educacional. O fundamento educacional é “*aprender fazendo*”, ou seja, usar novas possibilidades de experimentação oferecidas pelo uso de modelos, que vão desde a definição da estrutura até a interação com os resultados da simulação. A relação entre estudantes e modelos permite que, em um processo iterativo e heurístico, o estudante amadureça durante processo. De acordo com esses autores, as abordagens em RQ proporcionam ferramentas básicas para a aquisição do conhecimento. Ou seja, permitem adquirir e articular ideias para uma representação formal de determinado campo do saber, induzindo o aprendizado.

O valor do aprendizado pelo erro tem sido reconhecido como de grande valia no processo educacional (KONING; BREDEWEG, 1998). Erros podem ser úteis para ajustar e refinar os modelos construídos pelo modelador. Por meio da experimentação e da exploração, o aprendizado pode estar ancorado em modelos qualitativos. O conhecimento adquirido por meio dos processos de “*tentativa e erro*” pode conduzir o aprendizado para caminhos mais efetivos e eficientes (SALLES; BREDEWEG, 2005).

O pensamento sistêmico, de acordo com Caulfield e Maj (2001), “é uma forma de pensamento que se concentra nas relações entre as partes que formam um todo ‘intencional’”. Dito de outra forma é o pensamento que identifica os sistemas no mundo, e percebe como as partes que formam conjuntos organizados no sistema são capazes de realizar funções específicas.

Para Richmond (1993), o pensamento sistêmico está assentado em sete habilidades:

- a. *Pensamento dinâmico*: dadas as características do sistema, é a habilidade de deduzir padrões de comportamento ao invés de focar e buscar prever eventos;

- b. *Pensamento em loops fechados*: habilidade de pensar em relações de causa e efeito circulares, como mecanismos de retroalimentação, como sendo elas mesmas responsáveis por gerar os padrões de comportamento exibidos por um sistema;
- c. *Pensamento genérico*: habilidade de apreender as similaridades nos mecanismos de retroalimentação que geram comportamentos específicos em diferentes fenômenos. Para desenvolver esse tipo de pensamento, as pessoas devem trabalhar com séries de estruturas genéricas que, progressivamente, levam de comportamentos simples até comportamentos complexos, tais como a curva exponencial, oscilações, etc.;
- d. *Pensamento estrutural*: uma das formas mais rigorosas de pensamento sistêmico consiste em buscar a coerência entre as unidades de medida usadas para representar diferentes variáveis de um sistema, e a aderência às leis de conservação de matéria e energia no sistema estudado. Este tipo de pensamento enfatiza a diferença entre taxas e variáveis de estado;
- e. *Pensamento operacional*: habilidade de descrever ‘exatamente’ como funciona o sistema;
- f. *Pensamento contínuo*: habilidade de encontrar aspectos similares intermediários entre coisas que parecem ser diferentes, isto é, encontrar ‘tons de cinza entre extremos de branco e preto’;
- g. *Pensamento científico*: habilidade de testar rigorosamente hipóteses (ainda que sem fazer experimentos); essa habilidade também requer desenvolver a capacidade de ‘quantificar’ aspectos do sistema, mesmo sem fazer medições (comparações com unidades de medida).

Neste trabalho a modelagem do processo de fotossíntese será o exemplo utilizado para explicar e ilustrar os conceitos estudados sobre Dinâmica de Sistemas e pensamento sistêmico.

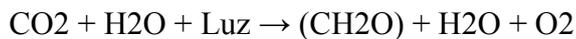
### **3.2 A História da Fotossíntese: um Exemplo de Pensamento Sistêmico**

A análise do processo de fotossíntese, que resulta na produção de substâncias orgânicas pelos seres vivos autotróficos, é exemplo do funcionamento de um sistema complexo. Compreender como funciona o sistema fotossintetizador oferece muitas oportunidades para desenvolver habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico. A energia

empregada no processo provém da luz, é capturada pelo sistema e fica armazenada em moléculas de carboidratos, na forma de energia química potencial.

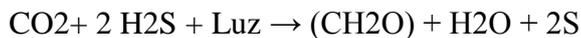
O tipo mais comum de fotossíntese, realizado pelas plantas, pelas algas e por certas bactérias, utiliza como reagentes o gás carbônico e água, e gera como produtos iniciais a glicose e o gás oxigênio.

A seguinte equação mostra, de forma simplificada e não balanceada, os componentes desse processo, na qual  $\text{CH}_2\text{O}$  representa uma unidade padrão que se repete em moléculas de compostos orgânicos do tipo carboidrato:

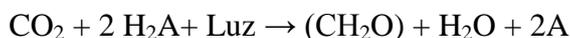


Esse conceito atual, porém, foi construído ao longo de observações realizadas desde o século XVIII. Nesta seção, serão consideradas algumas das hipóteses sobre a origem do oxigênio liberado na fotossíntese. As demais são apresentadas didaticamente em Baker e Allen (1975).

Em resumo, a primeira tentativa de explicar a origem do oxigênio liberado na fotossíntese foi apresentada em 1931 por Cornelius Bernardus van Niel. Seus experimentos mostraram que sulfobactérias purpurinas produzem enxofre e compostos orgânicos partir de gás carbônico e sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ao invés de água (BAKER; ALLEN, 1975).



A partir desses resultados, van Niel propôs uma generalização: o oxigênio liberado pelas plantas durante a fotossíntese provém de uma molécula oxidável contendo hidrogênio ( $\text{H}_2\text{A}$ ), pois, se viesse do gás carbônico, então as sulfobactérias purpurinas também deveriam liberar oxigênio:



Desse modo, as sulfobactérias utilizam o sulfeto de hidrogênio e produzem enxofre, e as plantas utilizam água (equivalente ao sulfeto de hidrogênio) e liberam oxigênio. Entretanto, somente a partir da década de 1940, em experimentos com substâncias marcadas com compostos radioativos, foi possível observar a trajetória do deslocamento de substâncias nos vegetais e, assim, confirmar a hipótese de que o oxigênio vem da molécula de água.

Nesta seção, será apresentado um trabalho de modelagem sobre a fotossíntese e das hipóteses que guiaram a elucidação da origem do oxigênio. Inicialmente, são apresentados o experimento de van Niel e a generalização para as plantas. A seguir, o modelo de fotossíntese

de plantas é discutido para ilustrar as características do pensamento sistêmico apontadas por Richmond (1993).

A modelagem do sistema fotossintetizador pode incluir, como objetos, as sulfobactérias purpúreas, as plantas e o sol. Esses objetos são interligados por setas que identificam as configurações entre esses objetos e, juntos, objetos e configurações, representam a estrutura do sistema. Os mecanismos que realizam fotossíntese podem ser vistos como parte de um sistema no qual ocorre entrada de sulfeto de hidrogênio ou água e gás carbônico, ambos sendo consumidos pelo processo da fotossíntese. A saída de produtos, nesse caso, enxofre ou oxigênio e compostos orgânicos, expressam a dinâmica do sistema e, assim, promovem o pensamento sistêmico.

A Figura 1 mostra um modelo de fotossíntese construído em DynaLearn, no qual a estrutura do sistema é constituído por uma fonte de luz que ilumina sulfobactérias, mostrando um padrão de reação a partir do qual o enxofre é produzido a partir do  $H_2S$ , e os elétrons disponíveis nas moléculas de hidrogênio participam da construção da cadeia dos compostos orgânicos formados durante a fotossíntese, tal como no experimento de van Niel.

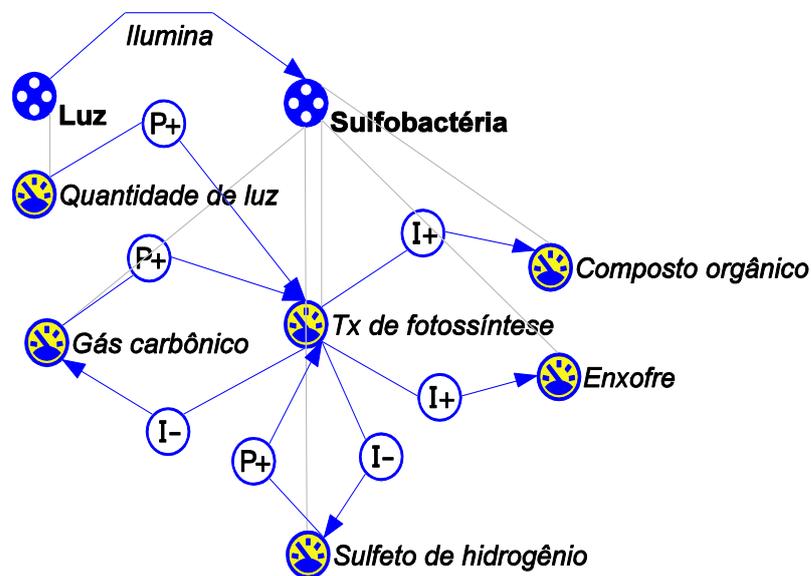


Figura 1. Modelo implementado em DynaLearn sobre a fotossíntese realizada por sulfobactérias, na qual há liberação de enxofre, de acordo com os experimentos de van Niel.  
Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo *software* DynaLearn

A partir desse modelo e seguindo esse padrão, van Niel propôs a generalização segundo a qual, nas plantas, o sulfeto de hidrogênio é substituído por água, e o oxigênio a vem da água. Essa interpretação é capturada pelo modelo qualitativo mostrado na Figura 2.

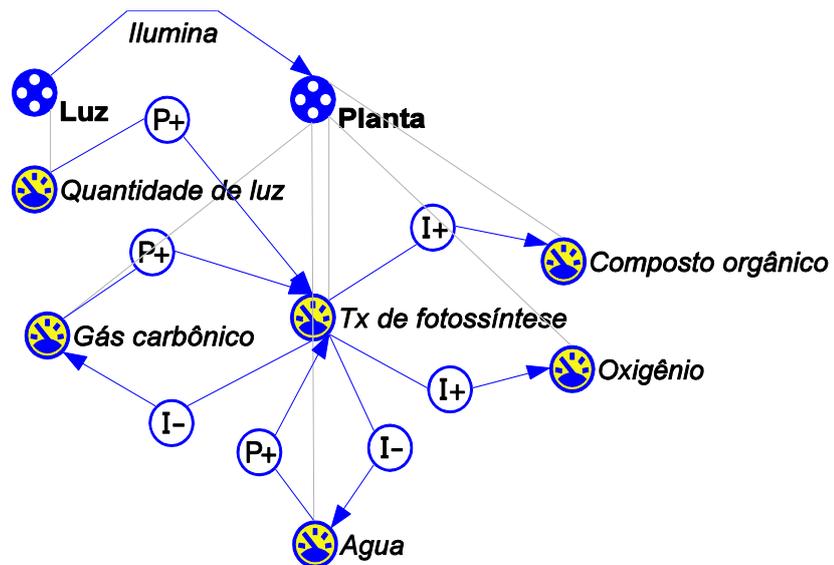


Figura 2. Modelo implementado em DynaLearn sobre a fotossíntese proposto por van Niel, no qual o  $H_2S$  é substituído por  $H_2O$ , como uma generalização dos resultados obtidos com experimentos realizados com sulfobactérias.

Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo *software* DynaLearn

Os objetos do sistema mostrados na Figura 2 (Fonte de luz e Planta) têm propriedades variáveis, que são representadas por quantidades. Na fotossíntese das plantas essas propriedades variáveis são: a quantidade de luz, de água, de gases (gás carbônico e oxigênio) e de compostos orgânicos, e um processo, a fotossíntese. Cada uma dessas propriedades variáveis é representada por uma quantidade: *Quantidade de luz*, *Água*, *Gás carbônico*, *Oxigênio* e *Composto orgânico*. Representando o processo, a *Taxa de fotossíntese*. Essas quantidades podem influenciar na quantidade de fotossíntese realizada e até na presença ou não do processo.

Por exemplo, a quantidade que a água poderia assumir valores como no Espaço Quantitativo = {zero, abaixo do ponto crítico, ponto crítico, acima do ponto crítico e máximo}. Esses valores incluem *pontos* (zero, ponto crítico e máximo) e *intervalos*, que podem corresponder a conjuntos infinitos de pontos (abaixo do ponto crítico e acima do ponto crítico).

De acordo com a TQP, processos causam mudanças nas propriedades das variáveis. Com efeito, a dinâmica do sistema é consequência dessa variação nas quantidades. No estudo de sistemas dinâmicos, são identificados três tipos de quantidades: as variáveis de estado, as taxas de variação e as variáveis auxiliares. O mecanismo que descreve o processo é representado pela combinação entre a taxa e a variável de estado.

As variáveis de estado são as quantidades que efetivamente definem o estado do sistema, são quantidades que se acumulam ao longo tempo, ou, melhor dizendo, elas acumulam os efeitos do processo (SALLES *et al.*, 2012). Esses elementos constituem o conjunto mínimo de conhecimentos para representar (nesse nível de detalhamento) o sistema fotossintetizador.

A taxa sempre representa a quantidade de mudança ocorrida durante certo período de tempo. Por exemplo, a taxa de fotossíntese influencia a produção de oxigênio causando a mudança nos valores dessa substância, como mostra a Figura 3.

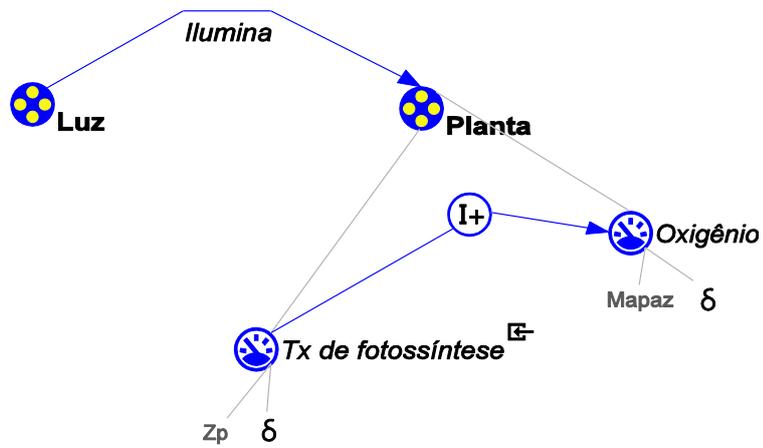


Figura 3. Representação dos conceitos de taxa de processo (Taxa de fotossíntese) e de variável de estado (Oxigênio).

Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo software DynaLearn

No caso da fotossíntese, os processos são representados a partir de relações entre a taxa de fotossíntese e o consumo de gás carbônico e água (representados por I-); taxa de fotossíntese e a produção de oxigênio e composto orgânico (representados por I+), mostradas na Figura 4.

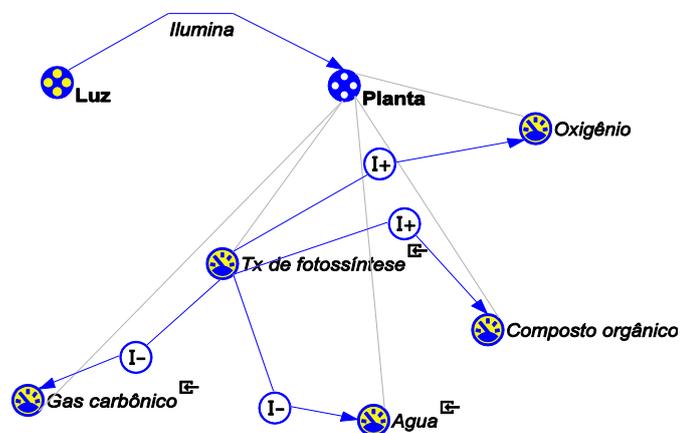


Figura 4. Representação do processo de fotossíntese em modelo construído em Dynalearn, mostrando que a Água e o Gás carbônico são consumidos, e Oxigênio e Composto orgânico

são produzidos.

Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo *software* DynaLearn.

As variáveis auxiliares, diferentemente das taxas e das variáveis de estado, não estão diretamente envolvidas em processos. Elas sofrem indiretamente a influência dos processos. Por exemplo, o aumento da quantidade de produtos florestais (não representada neste modelo) é consequência indireta dos processos de fotossíntese.

Outro elemento importante para a regulação do comportamento do sistema são os mecanismos de retroalimentação (também chamados *feedback*). Neles, a ação de um objeto (ou propriedade desse objeto) provoca reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto (ou propriedade) que causou a reação inicial.

Martin (1997) comenta que existem dois tipos de retroalimentação: positiva e negativa, com funções: reforçadora e balanceadora. Na retroalimentação reforçadora ou positiva, o *feedback* está na mesma linha do *input* que o causou. Se o aumento no *input* causa a redução de um fator, este leva a um novo aumento do *input*, que reduziria ainda mais aquele fator. A retroalimentação reforçadora, portanto, tende a aumentar a instabilidade do sistema.

A retroalimentação negativa tende a tornar o sistema autorregulável. Ele pode produzir estabilidade e reduzir os efeitos das flutuações. Esse tipo de regulação é muito comum em sistemas biológicos, e os estudos de fisiologia demonstram a importância da chamada homeostase. No exemplo do processo fotossintético, a água aumenta a taxa de fotossíntese e a taxa de fotossíntese consome água, balanceando o sistema (Figura 5).

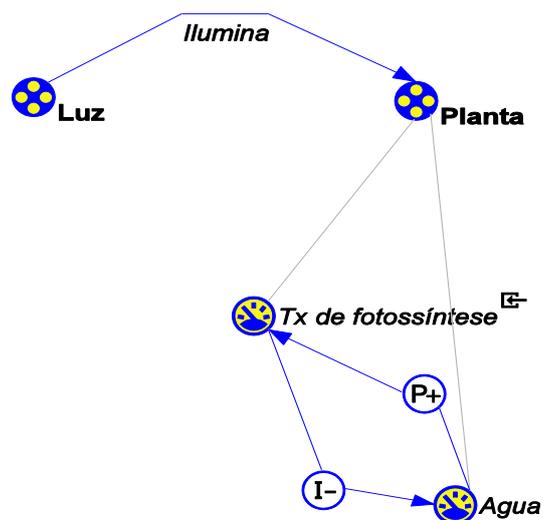


Figura 5. Representação do mecanismo de retroalimentação balanceadora do modelo de fotossíntese

Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo *software* DynaLearn

Mecanismo similar de retroalimentação balanceadora também opera em relação à *Taxa de fotossíntese* e a concentração de *Gás carbônico* (Figura 2). Os resultados desses dois mecanismos reguladores podem ser observados nos valores das quantidades envolvidas no modelo, representados na Figura 6, mostrada abaixo.

Durante a atividade do processo, o sistema pode passar por etapas chamadas *estados*, que caracterizam ou descrevem o comportamento do sistema. Esses estados duram algum período de tempo e são caracterizados por um conjunto específico de valores que ocorrem simultaneamente nas quantidades associadas aos objetos do sistema. Simulações baseadas em modelos (numéricos e qualitativos) demonstram o comportamento do sistema, e ilustram os efeitos dos mecanismos de retroalimentação no controle sobre os resultados finais.

A simulação com o modelo qualitativo mostrado na Figura 2 produz cinco estados, dos quais o número cinco é o estado final. Cada estado representa um conjunto específico de valores das quantidades *Água*, *Gás carbônico*, *Composto orgânico* e *Oxigênio*, e perdura durante algum período de tempo. A Figura 6 abaixo mostra o grafo de estados dessa simulação.

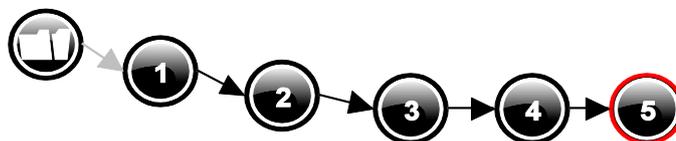


Figura 6. Grafo de estados do modelo de fotossíntese em DynaLearn.  
Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo *software* DynaLearn

A Figura 6 mostra a trajetória do comportamento da fotossíntese no período de tempo durante a qual o fenômeno acontece (o estado 2 ocorre depois do estado 1; o estado 3 ocorre depois do estado 2, e assim sucessivamente). A Figura 7 abaixo mostra o diagrama dos valores das cinco quantidades na sequência de estados [1→2→3→4→5].

Os valores de *Gás carbônico* e *Água*, que tinham o valor máximo no início da simulação, decrescem nos quatro primeiros estados (note o triângulo preto apontado para baixo dentro dos valores em cada estado, indicando derivada negativa), e chegam a zero no estado 5, indicando que foram consumidos na totalidade. Enquanto isso, nos quatro primeiros estados, as quantidades de *Composto orgânico* e de *Oxigênio* estão crescendo (triângulo preto apontando para cima, derivada positiva), chegando ao valor máximo no estado 5.

A *Taxa de fotossíntese* também decresce durante a simulação, até que no estado 5 chega ao valor zero, indicando que o processo é interrompido. Todas as quantidades se estabilizam, graças ao efeito dos mecanismos de retroalimentação balanceadora (veja as derivadas iguais a zero em todas as quantidades na figura 7).

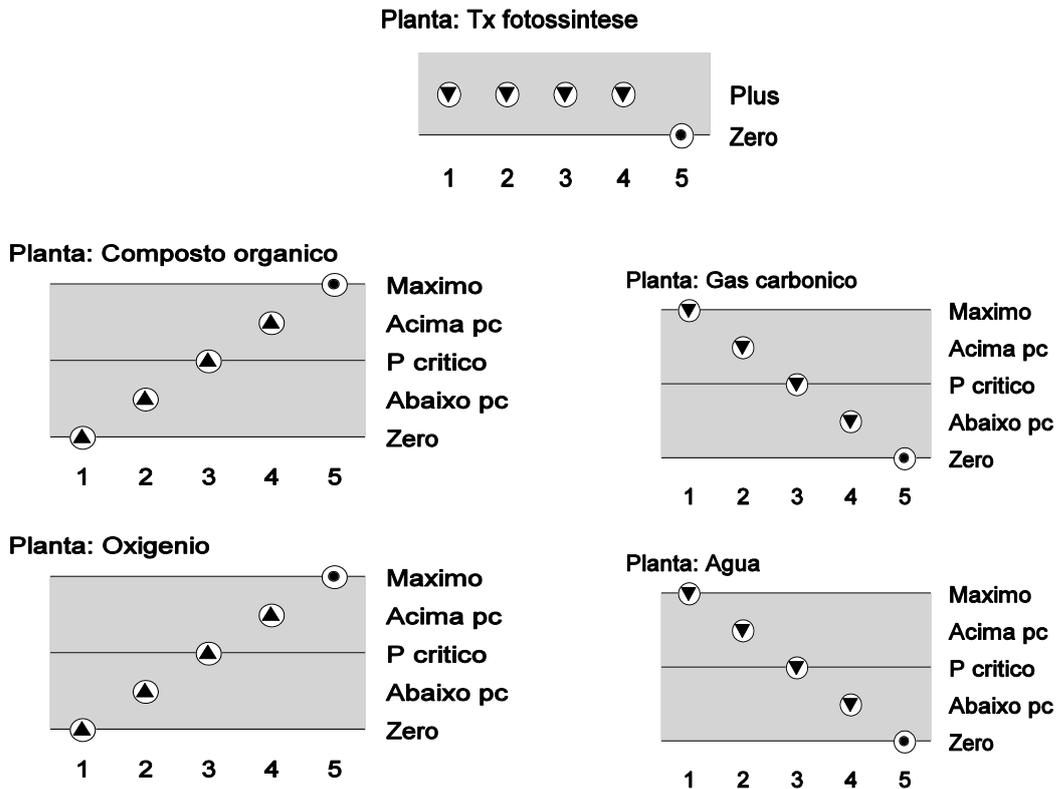


Figura 7. Diagramas de valores das variáveis incluídas no modelo de fotossíntese: valores da *Taxa de fotossíntese*, *Gás carbônico*, *Água*, *Composto orgânico* e *Oxigênio*. Note que no estado 5, a fotossíntese se torna inativa (*Taxa* = zero) e as cinco variáveis se estabilizam, com derivada zero (representada pela bolinha preta dentro dos valores dessas variáveis).

Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo *software* DynaLearn.

Com efeito, a simulação desse modelo mostrou-se compatível com os resultados de estudos posteriores com plantas. Entretanto, a falta de tecnologia adequada impediu que fosse feito estudo que diferenciasse moléculas de oxigênio presentes nas moléculas de água daquelas presentes nas moléculas de gás carbônico, essencial para definir a origem do oxigênio liberado pela fotossíntese.

Essa oportunidade apareceu nos anos 1950, quando estudos com isótopos radioativos se tornaram frequentes e contribuíram muito para a solução de problemas nas áreas de saúde, meio ambiente, fisiologia celular e outras. No presente caso, os cientistas forneceram a algas

*Chlorella* moléculas de água marcada com um isótopo do oxigênio ( $O^{18}$ ), para determinar de onde viria o oxigênio.

A Figura 8 mostra um modelo que representa a hipótese testada no experimento crítico, no qual se utilizou água contendo oxigênio marcado radioativamente para demonstrar que esta era a única fonte de oxigênio liberado na fotossíntese. Esse experimento confirmou a previsão de van Niel, feita a partir do experimento com sulfobactérias cuja fotossíntese produz enxofre.

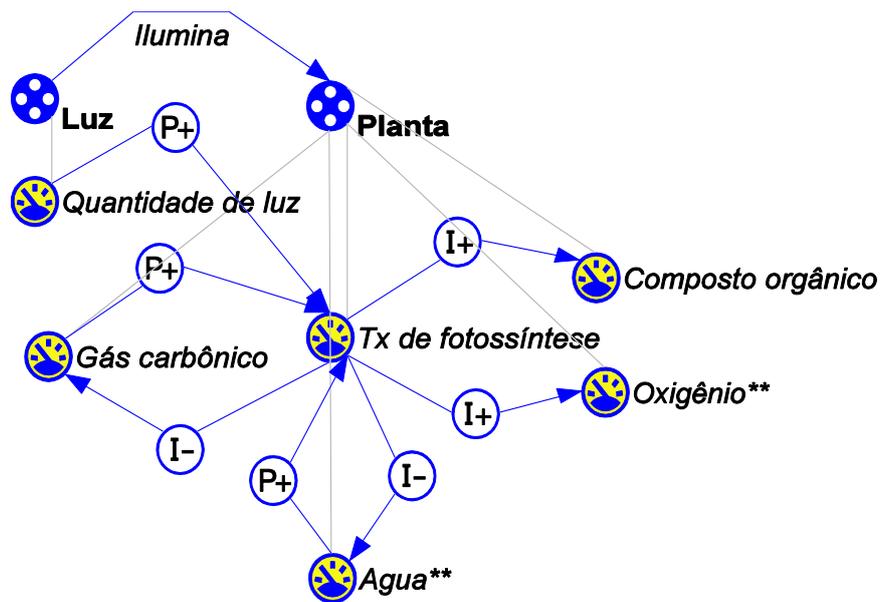


Figura 8. Modelo implementado em DynaLearn sobre experimento crítico para determinar a origem do oxigênio liberado na fotossíntese. Esse modelo mostra que, se a planta recebe água contendo isótopos radioativos de oxigênio, todo oxigênio liberado na fotossíntese é radioativo, não restando nada na planta.

Fonte: Imagem produzida automaticamente pelo *software* DynaLearn.

Para Richmond (1993), o *pensamento dinâmico* significa ter a capacidade de ver ou deduzir padrões de comportamento que se repetem, e não apenas buscar ver ou prever eventos. Em lugar de listar os fatores envolvidos em um fenômeno, é perceber como eles se desdobram ao longo do tempo, sob a influência de mecanismos de retroalimentação. Esse tipo de pensamento foi a base dos argumentos criados para descrever e comparar os modelos de fotossíntese e respectivas simulações.

O pensamento em *loops fechados* leva a uma visão do mundo como resultado da ação de processos interdependentes, inclui compreender as similaridades entre sistemas nos quais operam mecanismos de retroalimentação semelhantes, que terminam por gerar comportamentos semelhantes em sistemas diferentes (FORRESTER, 1997).

Assim, o estudo a fotossíntese realizada por sulfobactérias e plantas por meio de modelos qualitativos estimula o pensamento genérico, que leva os alunos a perceberem a dependência que se estabelece entre reagentes e produtos, e as similaridades no comportamento das substâncias que são consumidas e daquelas que são produzidas durante o processo. Foi possível deduzir um padrão de comportamento para o oxigênio a partir do que ocorreu com o enxofre, e testar hipóteses por meio de simulações.

O desenvolvimento do pensamento contínuo enfatiza a capacidade de criar representações para estados intermediários ‘entre o preto e o branco’, e pode ser parte significativa da aprendizagem por modelagem. Na simulação com o modelo da fotossíntese, aparecem as soluções intermediárias produzidas pelo sistema em funcionamento, mostradas nos estados 2, 3 e 4 dos diagramas mostrados na Figura 6.

Desenvolver o pensamento científico exige a habilidade de criar representações para hipóteses alternativas e testar rigorosamente cada hipótese. Essas capacidades requerem que os alunos aprendam a elaborar e testar hipóteses, realizar experimentos ou construir modelos para realizar simulações. Os modelos sobre a fotossíntese permitiram uma comparação entre hipóteses alternativas, pois podem ser representadas e testadas através das simulações, observando com facilidade os padrões de comportamento.

Com efeito, a valorização de estruturas similares em sistemas diferentes (por ex., mecanismos de retroalimentação), serve como base sólida para o desenvolvimento de habilidades que permitem ao estudante comparar possíveis soluções para um problema, analisar criticamente as soluções encontradas para um problema, formular e articular argumentação adequada para defender pontos de vista.

Importante notar também a atualidade da observação de Caulfield e Maj (2001), segundo a qual a melhor abordagem para desenvolver o pensamento sistêmico é a Dinâmica de Sistemas, “atividade relacionada à construção de modelos computacionais de simulação sobre problemas complexos, e então experimentar e estudar o comportamento desses modelos ao longo do tempo”.

### **3.3 A Aplicação da Dinâmica de Sistemas na Educação**

A proposta de desenvolver o pensamento sistêmico, pode produzir efeitos benéficos na educação básica. A abordagem centrada em sistemas e o uso de ferramentas para a construção de modelos de simulação, centrais para o desenvolvimento do pensamento sistêmico, favorecem a formação do pensamento dinâmico, aproveitando conhecimentos sobre

mecanismos de retroalimentação para explicar o controle, a estabilidade e o comportamento complexo exibido por sistemas diversos (FORRESTER, 2009).

A Dinâmica de Sistemas fornece uma estrutura para a integração das disciplinas. As escolas devem encorajar os alunos em ver um mundo interligado, não compartimentado. Observar como as coisas mudam através do tempo aplica-se a comportamento dinâmico social, pessoal, e de sistemas físicos. Analisar comportamento dinâmico, comum a todos os sistemas, pode ser ensinado e compreendido de forma a ampliar a percepção e desenvolver a perspicácia por meio da educação (FORRESTER, 1997).

As ferramentas oferecidas para o estudo da Dinâmica (Qualitativa) de Sistemas, como o DynaLearn, podem ser aplicadas a todos os sistemas dinâmicos, sejam eles biológicos, físicos, químicos, sociais, econômicos ou culturais. Nesse sentido, a Dinâmica de Sistemas fornece uma estrutura para a integração das disciplinas. O fato de as ferramentas não serem associadas a áreas de conhecimento específicas, favorece sobremaneira a integração de conhecimentos de áreas diversas, e é consistente com o complexo mundo em que vivemos, no qual a integração entre sistemas físicos, biológicos, sociais e econômicos é cada vez mais exigida, e a mobilidade entre atividades humanas distintas mais valorizadas.

Analisar comportamento dinâmico, comum a todos os sistemas, pode ser ensinado e compreendido de forma a ampliar a percepção e desenvolver a perspicácia por meio da educação (FORRESTER, 1997). Os estudos de avaliação de DynaLearn descritas por Miosuder *et al.* (2012) confirmam o potencial para o ensino-aprendizagem de Dinâmica de Sistemas dessa ferramenta.

No Brasil, algumas experiências têm sido relatadas de uso da Dinâmica de Sistemas na Educação. Como trata o trabalho de Orsini (2001), proposta de educação ambiental baseada na Dinâmica de Sistemas.

O uso de modelos qualitativos como recurso didático foi investigado no âmbito do “Projeto Português como Segunda Língua na Educação Científica dos Surdos”. Dois estudos (SALLES *et al.* 2004; 2005) demonstram o potencial de modelos qualitativos para se tornar ferramenta para o ensino e para a interação entre conceitos, exploração de sistemas complexos em simulações e para obter previsões e explicações sobre o comportamento de um sistema, tendo como base modelos que explicitam as relações de causalidade. DynaLearn tornou-se uma ferramenta com alto potencial para introduzir a modelagem na formação de professores e no ensino de biologia, para a educação científica na educação básica e em cursos de nível superior (RESENDE, 2010), por se tratar de *software* no qual os alunos desenvolvem o conhecimento por meio da manipulação de ícones e de suas inter-relações,

utilizando uma representação diagramática clara e atraente para o jovem, e pela possibilidade de serem representadas explicitamente relações de causa e efeito, as quais permitem ao usuário fazer previsões e construir explicações sobre os fenômenos estudados.

Entretanto, algumas dificuldades foram identificadas e precisam ser superadas para que o uso de modelagem qualitativa possa ser difundido nas escolas brasileiras, a exemplo do que ocorre em outros países.

Entre as carências a serem supridas, podem ser citadas:

- Material didático de boa qualidade, escrito em língua portuguesa, buscando na literatura elementos da teoria da Dinâmica de Sistemas, características pessoais relacionadas ao pensamento sistêmico, e a importância de se trabalhar com modelos de simulação para uma melhor compreensão dos fenômenos de interesse. Com o apoio desse material, professores e alunos da educação básica e do ensino superior teriam maior acesso às técnicas de modelagem, e poderiam estudar sozinhos, com maior flexibilidade para a utilização de seu tempo disponível, e com a possibilidade de organizar o currículo de acordo com seus interesses.
- Professores qualificados para preparar aulas e cursos baseados em modelos e na atividade de modelagem, segundo princípios da Dinâmica de Sistemas, destinados a estimular o pensamento sistêmico, e a dar suporte para estudantes nesse aprendizado;
- Disciplina que promova a inclusão dessa metodologia em cursos de Licenciatura e de formação continuada, para que os professores conheçam, discuta e explore as possibilidades de usar a modelagem e a Dinâmica de Sistemas em sala de aula;
- Acesso a esse tipo de abordagem no ensino de ciências, por meio de cursos e atividades de formação voltadas para estudantes da educação básica e de cursos de graduação;
- Computadores nas escolas, com opções de *software*, para que os alunos tenham amplo acesso a ferramentas computacionais necessárias para atividades de modelagem.

Para minimizar as carências, o presente trabalho visa o desenvolvimento de uma disciplina na modalidade a distância, destinado a alunos de Licenciatura em Biologia na UAB/UnB, sobre a Dinâmica de Sistemas (DS) como base para a formação do pensamento sistêmico por meio da modelagem qualitativa.

O desenvolvimento do conhecimento, da forma como foi discutido acima, deve envolver um aprendizado participativo, com ricos contextos que encorajem a participação dos alunos, nos quais estes possam trabalhar de maneira colaborativa na construção de significados, conceitos e representações, além de permitir que eles aprendam sobre a construção da ciência (FERREIRA; JUSTI, 2008).

Além disso, a vivência desse processo permite aos alunos perceber a complexidade e as limitações envolvidas na construção do conhecimento, apresentando a eles uma realidade repleta de dúvidas e incertezas, muito diferente da exatidão com que o conhecimento escolar é frequentemente apresentado (FERREIRA; JUSTI, 2008)

É importante superar tais dificuldades não somente para o uso da modelagem qualitativa, mas para que abordagens inovadoras encontrem ambiente pedagógico propício.

## 4 METODOLOGIA

A proposta de disciplina, objeto principal desta dissertação, foi aplicada na forma de disciplina com dois créditos (30h), intitulada *Tópicos em Ensino de Biologia: Introdução à Dinâmica de Sistemas*, oferecida aos alunos do curso de Licenciatura em Biologia da UAB/UnB no primeiro e no segundo semestres de 2013. Como ocorre com as demais disciplinas oferecidas a distância, todos os materiais didáticos desta disciplina, a gestão das atividades e as interações com os licenciandos foram feitos na plataforma *MOODLE*. Essa ferramenta faz um registro de todas as ações dos alunos no sistema, e os dados sobre as visualizações das aulas, *download* de materiais e *upload* de tarefas foram utilizados para a análise do grau de dificuldade dos diversos conteúdos da disciplina.

A metodologia adotada para observar o desenvolvimento da disciplina e os desafios encontrados para ser ministrada foi o estudo de caso (GIL, 1999; 2002). Para Dooley (2002), a vantagem do estudo de caso é sua aplicabilidade às situações humanas e a contextos contemporâneos de vida real, com a possibilidade de observar e acompanhar em profundidade o desenrolar dos acontecimentos. Gamboa (1997) enfatiza que, nessa abordagem qualitativa, o foco da pesquisa é colocado na “experiência individual de situações” para compor o “processo de construção de significados”. Trata-se de um tipo de pesquisa que é, a um só tempo descritiva e explicativa quanto aos seus objetivos comuns, pois propicia estudar a descrição das características dos sujeitos envolvidos, bem como suas opiniões e concepções sobre o objeto da investigação (GIL, 2002).

Apesar de não haver rigidez no roteiro para a realização de estudos de caso, Gil (2002) assinala que podem ser identificadas quatro fases: (a) delimitação da unidade-caso; (b) coleta de dados; (c) seleção, análise e interpretação dos dados; e (d) elaboração de um relatório.

No presente trabalho, a unidade-caso é a disciplina *Tópicos em Ensino de Biologia: Introdução à Dinâmica de Sistemas*. Na seção 4.1 serão descritas as etapas da elaboração da proposta inicial e o planejamento das atividades e dos materiais didáticos. Os dados foram coletados a partir das seguintes fontes: observação direta dos alunos; questionários; entrevistas semiestruturadas; e os exercícios feitos na disciplina e demais registros deixados no *MOODLE* a partir das interações dos alunos com a plataforma. Esses temas serão detalhados na seção 4.2. Para a interpretação dos dados, foi adotada a técnica da análise de conteúdo. O produto deste trabalho, consideradas todas as atividades realizadas e as opiniões dos licenciandos, será consolidado na proposta final da disciplina. Esses elementos serão discutidos na seção 4.3.

## 4.1 Planejamento da Disciplina

A disciplina *Tópicos em Ensino de Biologia: Introdução à Dinâmica de Sistemas* começou a ser planejada a partir de experiências adquiridas pelo professor Paulo Salles, durante os cursos de modelagem que ofereceu no Programa de Pós-Graduação em Ecologia, e em cursos de extensão destinados a professores que atuam na Educação Básica ou a técnicos que trabalham na gestão de recursos hídricos. Essa experiência foi muito enriquecida durante o Projeto DynaLearn (BREDEWEG *et al.*, 2013), particularmente nas atividades de modelagem sintetizadas no *Deliverable* D6.5 (SALLES *et al.*, 2012) e nas atividades educacionais descritas no *Deliverable* D7.5 (MIODUSER *et al.*, 2012), disponíveis no sítio [www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu). Neste relatório, foram traçadas as bases para uma Dinâmica Qualitativa de Sistemas, que orientou a formulação da proposta inicial da disciplina.

Os materiais didáticos destinados a ensinar a modelagem qualitativa em DynaLearn a distância foram organizados na forma de Roteiros de Estudos, acompanhados por exercícios complementares e atividades de avaliação, que eram postadas no *MOODLE*.

Foram usados também recursos audiovisuais importantes, tais como seleções de imagens apresentadas em arquivos em *MS-Power Point* para ilustrar conceitos mais complexos, e vídeos preparados no *software* Camtasia Studio<sup>3</sup> apresentando procedimentos específicos para a modelagem no *software* DynaLearn. Além destes, duas videoaulas foram gravadas no estúdio da UAB/UnB, para completar o material disponibilizado na segunda versão da disciplina, em 2/2013.

Para a realização de diversas atividades da disciplina, foram utilizados modelos qualitativos prontos, preparados pelos professores, os quais eram estudados pelos licenciandos. Em outras atividades, os próprios alunos construía modelos em DynaLearn.

## 4.2 Instrumentos para a Coleta de Dados

A observação foi feita no decorrer de toda pesquisa, foi anotado tudo a respeito do da interação e participação dos alunos com relação ao conteúdo apresentado, instalação do *software* e desenvolvimento do raciocínio envolvendo a dinâmica dos sistemas. De acordo com Laville e Dione (2008), a observação participante ajuda o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento.

---

<sup>3</sup> O Camtasia Studio é um aplicativo completo para a criação e edição de vídeos a partir do ambiente de trabalho do Windows. Disponível em <http://camtasia-studio.softonic.com.br/>. Acesso em: 22 abr. 2014.

Laville e Dione (2008, p.154) comentam que [...]

[...] esta abordagem pode levar a conhecer os meios, inacessíveis de outra maneira, fornecer informações raras e que as pessoas desses meios não forneceriam voluntariamente. Sem contar que as revelações então obtidas são coletadas no contexto, o que permite dar-lhes mais sentido.

Com isso foi feito um registro minucioso de todas as atividades e participações dos alunos, para posteriormente análise e seleção do que realmente seria importante e significativo, esse registro sempre possuía o foco no objetivo da pesquisa.

Ao final da disciplina foram enviados via *e-mail* questionários para conhecer as impressões dos alunos a cerca do conteúdo ministrado, a utilização do *software* e a importância dessa metodologia na formação deles.

Marconi e Lakatos (2003, p. 201) definem questionário como sendo “um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”. A vantagem do questionário segundo Gil (1999, p. 128-129), é que o aluno pode pensar em suas respostas e enviá-las a seu tempo, não envolvendo custos, e assim terem maior liberdade para responder as perguntas. Ao final, um número maior de respostas sem a interferência do pesquisador possibilitou mais uniformidade na avaliação, entretanto há o inconveniente de não haver alguém para auxiliar nas perguntas caso alguém precise essa é uma das limitações do questionário. O questionário continha 20 questões com cinco alternativas cada e está disponível no Apêndice E deste trabalho.

Outro instrumento usado na coleta de dados foi a entrevista semiestruturada, de acordo com Gil (2002, p.115) entende-se por entrevista a técnica “que envolve duas pessoas numa situação “face a face” e em que uma delas formula questões e a outra responde”. É uma técnica de coleta de dados “que se desenrola a partir de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.34). Isso facilita uma maior espontaneidade entre entrevistador e entrevistado, servindo na verdade para iniciar o diálogo entre ambos (TRIVIÑOS, 1987, p.146).

Essa entrevista foi feita com os alunos que concluíram a disciplina nas duas ofertas. Com esse instrumento pretendeu averiguar como a disciplina contribuiu para o desenvolvimento do pensamento sistêmico, se a disciplina pôde contribuir na mudança de pensamento com relação aos fenômenos representados e as impressões deles quanto a modelagem como proposta didática. Das oito entrevistas realizadas, duas foram feitas

pessoalmente as outras foram feitas pelo <sup>4</sup>*Skype*. Para tal foram feitas 11 perguntas e as respostas foram gravadas e posteriormente transcritas para análise. O roteiro dessa entrevista está disponível no Apêndice F da dissertação.

Numa entrevista feita por telefone foi perguntado aos alunos que não concluíram a disciplina, porque não foram até o fim da disciplina ou não quiseram realizar esse trabalho.

As atividades realizadas pelos alunos e a participação deles estão registradas na plataforma de aprendizagem *MOODLE*. Desta forma ao final das duas versões da disciplina foi pesquisada a quantidade de acessos dos alunos em cada uma das atividades disponibilizadas durante os semestres. Esses dados são registrados por quantidade de acessos, pois as atividades eram enviadas em arquivos.

### 4.3 Análise e Interpretação dos Dados

A análise e interpretação dos resultados foram efetuadas por meio da técnica de análise de conteúdo. Para Bardin (1979, p. 38) análise de conteúdo é um:

Conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdos. A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e de recepção das mensagens, inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não).

Segundo Bardin (1979), as unidades de registro podem ser: a palavra, o tema, o objeto ou referente, o personagem, o acontecimento ou documento. Nesta dissertação a unidade escolhida foi o tema, assim os dados brutos foram transformados sistematicamente em unidade de registro e agrupados em categorias.

A fase de coletas de dados começou com várias leituras das respostas dos questionários e transcrições das entrevistas. Os conteúdos apresentados pelos sujeitos foram codificados, para se obter uma descrição do significado das mensagens escritas e apreensão do seu conteúdo.

As respostas dos questionários foram separadas em cinco categorias, de acordo com a natureza das perguntas: a opinião dos alunos quanto à utilização do *software*; as dificuldades para análise e confecção dos modelos qualitativos no computador; a contribuição da disciplina na formação acadêmica dos licenciandos; o grau de dificuldade do trabalho de construção dos modelos a distância; e se os modelos contribuíram para o desenvolvimento do pensamento sistêmico.

---

4 O *Skype* é um *software* que permite comunicação pela internet através de conexões de voz. Esse aplicativo foi baixado nos computadores pelos alunos através do sítio [www.skype.com](http://www.skype.com).

Também foram analisados os exercícios respondidos pelos alunos durante o curso, quanto aos principais erros e acertos. A avaliação da primeira oferta da disciplina foi feita acompanhando os alunos nos exercícios enviados pela plataforma *MOODLE* e aqueles feitos durante os encontros presenciais, nos fóruns avaliativos e no envio do Projeto Pedagógico elaborados por eles. Na segunda oferta da disciplina os alunos foram avaliados nos exercícios enviados e no envio do projeto.

A proposta final da disciplina foi construída a partir da junção das duas versões da disciplina, contemplando os conceitos da Dinâmica de Sistemas e a construção dos modelos qualitativos em DynaLearn. Primeiramente foi apresentada a introdução desses conceitos e a construção dos modelos mais simples, os mapas conceituais. A partir daí seriam construídos modelos gradativamente mais complexos (*LS2 e LS3*). Posteriormente seriam introduzidos conceitos mais específicos da D.S., ideia dos mecanismos de retroalimentação e atividades práticas com a construção e análises dos modelos mais complexos em *LS4*, utilizando todos os conceitos estudados. Ao final os alunos elaborariam um material didático utilizando a modelagem e a DS como proposta didática.

## **5 AS OFERTAS DA DISCIPLINA “TÓPICOS DE ENSINO DE BIOLOGIA: INTRODUÇÃO A DINÂMICA DE SISTEMAS”**

Conforme explicado na seção 4, a disciplina *Tópicos em Ensino de Biologia: Introdução à Dinâmica de Sistemas* foi oferecida duas vezes, nos dois semestres letivos de 2013. A versão original do programa da disciplina foi alterada duas vezes: durante o primeiro semestre, foi reduzido o número de unidades temáticas e alterado o cronograma para a entrega das tarefas. No segundo semestre, foi alterada a sequência de atividades, invertendo-se a ordem de apresentação das unidades temáticas. Essas alterações são descritas nesta seção. Ressalte-se que as alterações ficaram restritas ao programa da disciplina, tendo permanecido inalterado os demais elementos reunidos no Guia da Disciplina, tais como a definição da ementa e dos objetivos, a metodologia de ensino e as avaliações. Inicialmente, na seção 5.1, serão apresentados os elementos gerais que caracterizam a disciplina, de acordo com o Guia da Disciplina, disponível no Apêndice D. Em seguida, na seção 5.2, serão explicados os ajustes feitos ainda durante a primeira oferta da disciplina. Finalmente, a seção 5.3 apresenta as alterações feitas para a segunda oferta da disciplina.

### **5.1 A Primeira Oferta da Disciplina (1/2013)**

O Guia da Disciplina é o documento que apresenta a definição dos objetivos, a distribuição dos conteúdos em unidades temáticas, as metodologias adotadas nas atividades, os mecanismos de avaliação e o cronograma de atividades. Cópia integral desse Guia está disponível no Apêndice D. A seguir, serão discutidos os principais aspectos desses itens.

A ementa (Apêndice D, Guia da disciplina, seção 1.1) indica que a disciplina trata de conceitos fundamentais da Dinâmica de Sistemas e do desenvolvimento do pensamento sistêmico. Modelos de simulação serão usados para representar a dinâmica de sistemas biológicos. Os resultados desse esforço de modelagem devem servir para aplicações ao ensino de Biologia e de temas interdisciplinares. O desenvolvimento de um projeto didático-pedagógico destinado a alunos da Educação Básica servirá como produto final da disciplina.

Os objetivos principais da disciplina são: (a) apresentar conceitos básicos sobre a Dinâmica de Sistemas biológicos e suas aplicações ao ensino de Biologia; (b) promover o desenvolvimento do pensamento sistêmico para a análise e a compreensão de sistemas biológicos; e (c) desenvolver a capacidade de construir materiais didático-pedagógicos baseados na abordagem sistêmica de temas das ciências biológicas.

A metodologia adotada inclui a apresentação teórica dos conceitos, na forma de roteiros de estudos e de modelagem, a realização de exercícios complementares, que incluem estudos dirigidos baseados em textos extraídos de livros didáticos e documentos científicos, a exploração de conceitos representados em modelos qualitativos e atividades na bancada de modelagem DynaLearn. Uma série de vídeos apresenta demonstrações de como operar o *software* DynaLearn, e como fazer atividades básicas de modelagem em diferentes *Learning Spaces*. As atividades de avaliação incluem exercícios avaliativos, participação nas atividades disponibilizadas na plataforma *MOODLE* e a elaboração de projeto didático-pedagógico voltado para aplicações da Dinâmica de Sistemas a temas do currículo de Biologia no Ensino Médio.

Segundo Passos e Barbosa (2013), os materiais didáticos disponibilizados para disciplinas em EaD são um desafio para a criatividade de cada professor, e precisam ser claros e intuitivos, pois o aluno não tem o professor presente o tempo todo. De fato, os materiais produzidos, com grande esforço para atender às necessidades postas pela EaD, consistem de Roteiros de Estudo, Roteiros de modelagem, exercícios complementares, ilustrações, tutoriais escritos e um suporte audiovisual na forma de vídeos e de slides apresentados em Power Point. Além desses recursos pedagógicos, os alunos receberam também acompanhamento do professor e de tutorias a distância e presencial para que todos pudessem baixar o programa, compreender os mecanismos de construção dos modelos e desenvolver as atividades previstas.

O conteúdo na versão inicial do programa, adotado no início da primeira oferta da disciplina (período 1/2013) e apresentado no Apêndice A, foi dividido em cinco unidades: (1) conceitos fundamentais de sistemas dinâmicos; (2) ferramentas para a representação de conhecimentos sobre sistemas biológicos; (3) DynaLearn, uma ferramenta de modelagem qualitativa de sistemas dinâmico; (4) estudo de modelos que implementam problemas complexos e suas aplicações em ensino de Biologia; e (5) preparação de materiais didáticos baseados em modelos de sistemas dinâmicos para ensino de Biologia.

Conteúdos e atividades presenciais e de avaliação foram distribuídos ao longo de 16 semanas, para cumprir a carga horária prevista para a disciplina. A previsão inicial era a de estabelecer programação semanal, durante as quais seriam trabalhados 12 Roteiros de Estudos e respectivas atividades complementares, de modo a cobrir os conteúdos previstos nas cinco unidades. Entretanto, devido a atrasos no início da disciplina motivados por fatores alheios à nossa vontade, e à sobrecarga de trabalhos a que estavam submetidos os alunos, fomos levados a fazer uma revisão nos nossos conteúdos e no planejamento das atividades da

disciplina. Dessa forma, buscamos meios para dar aos alunos mais liberdade para terminar a disciplina de acordo com seu próprio ritmo, garantindo o cumprimento do conteúdo previsto para a disciplina.

As alterações efetuadas no programa da disciplina, implantadas a partir da sexta semana, são descritas na próxima seção.

## **5.2 Ajustes no Programa da Disciplina durante a Primeira Oferta**

O objetivo dos ajustes foi simplificar as etapas finais da primeira oferta, em 1/2013, sem, contudo, perder a essência da disciplina proposta. Conforme mencionado na seção anterior, a previsão inicial era de 5 unidades, mas Unidades 4 e 5 foram mescladas em uma única Unidade. As alterações no programa são apresentadas no Apêndice B.

Roteiros de Estudos (RE) contendo o conteúdo teórico vinham acompanhados por exercícios complementares e, frequentemente, por outros materiais de apoio. Com a unificação das Unidades 4 e 5, foram sete os Roteiros de Estudos produzidos. Essa redução foi possível porque os Roteiros destinados à apresentação do software DynaLearn, foram feitos, com vantagens, na forma de vídeos.

O primeiro Roteiro de Estudos (RE1) apresentava os conceitos de sistemas, processos, taxas e noções iniciais da Dinâmica de Sistemas e como essas ideias poderiam contribuir na aprendizagem. Também foram elaboradas imagens para ilustrar o roteiro de estudo com modelos, fotos e relações entre sistemas e a atividade avaliativa desse roteiro foi um fórum avaliativo.

O segundo Roteiro de Estudos (RE2) completa a ideia de processos, apresentando os mecanismos de retroalimentação. Nesse, os alunos já observaram alguns modelos e puderam analisá-los resolvendo exercícios complementares e entregando exercícios avaliativos.

Os demais roteiros explicam a Dinâmica de Sistemas por meio de modelos construídos na ferramenta de aprendizagem DynaLearn. Conforme explicado na seção 2.2, esse programa possui seis níveis de complexidade e, à medida que os modelos incorporam mais relações, melhor definidas, as simulações cada vez mais complexas e representativas.

O primeiro Roteiro destinado a representar Sistemas Dinâmicos (RE3) explica como os conceitos relacionados a sistemas e à sua dinâmica são vinculados por setas, formando mapas conceituais. Essa representação não permite simulações, e corresponde ao nível *LS1* do DynaLearn.

O Roteiro seguinte (RE4) trata de diagramas de influência, modelos que introduzem relações de causa e efeito entre os elementos que representam o sistema, no nível de complexidade *LS2* de DynaLearn. Nesse nível, os diagramas mostram setas com sinais positivos e negativos entre variáveis ‘fonte’ e ‘alvo’, indicando que as variáveis ‘alvo’ variam na mesma direção ou na direção oposta que as ‘fontes’, respectivamente. Os modelos sustentam uma simulação simples, em que apenas o valor das derivadas é calculado, o que indica se uma variável está crescendo, estável ou decrescendo. Entretanto, por meio desses modelos pode-se ver que uma variável acaba influenciando todo o sistema, ampliando a visão sistêmica dos alunos. Portanto eles permitem introduzir, de maneira simplificada, conceitos importantes para a compreensão da Dinâmica de Sistemas.

Os roteiros finais de construção de modelos (RE5 e RE6) foram mostrados até o final da 11ª semana. O objetivo era mostrar as relações das variáveis dos sistemas, seus espaços quantitativos, suas derivadas e magnitudes que poderiam ser feitas no programa utilizando os níveis *LS3* e o *LS4* de DynaLearn.

Nesses níveis, o programa oferece a percepção do tempo que passa ao longo do qual as mudanças estão operando. Enquanto em *LS3* a causalidade ainda é expressa como um diagrama de influências, no nível *LS4* é introduzido o conceito de *processo*, representados por influências diretas (I+ e I-) nas quais taxas (variável/tempo) influenciam o aumento e a diminuição da variável, e propagação de efeitos de processos, por meio de proporcionalidades qualitativas. Nesses níveis, a simulação mostra diagramas com os valores das quantidades ao longo do tempo e, no *LS4*, os mecanismos de retroalimentação são representados. A seção 3.2 demonstra, com a história da fotossíntese, como modelos neste nível contribuem para estimular o pensamento sistêmico.

Finalmente, foram produzidos três materiais de apoio para a elaboração do Projeto Pedagógico que seria apresentado pelos alunos ao final da disciplina. São eles: um Roteiro de Estudos (RE7) que apresenta a base teórica para as atividades educacionais desenvolvidas no trabalho final; um roteiro para a elaboração de materiais didáticos baseados em modelos qualitativos, com o objetivo de desenvolver o pensamento sistêmico, seguindo uma abordagem baseada na Dinâmica de Sistemas; finalmente, também foi elaborado um texto apresentando as habilidades e competências que podem ser desenvolvidas com as atividades de modelagem.

O trabalho de elaboração do Projeto Pedagógico deveria conter três partes: (a) planos de Curso e planos de Aulas utilizando os conhecimentos da disciplina sobre a modelagem

qualitativa; (b) texto fazendo a exploração de um modelo; e (c) um conjunto de questões sobre o tema tratado no modelo e o gabarito, com as possíveis respostas.

Foram disponibilizados três modelos já prontos para os licenciandos escolherem um deles e produzir materiais didáticos relacionados ao tema abordado. Os modelos disponíveis tratavam de desmatamento, erosão e *bloom* de algas. De fato, para cada tema havia representações nos seis níveis de aprendizagem oferecidos em DynaLearn (*LS1-LS6*), para que os alunos pudessem estudá-los e então usá-los em seus planos de aula ou criar seus próprios modelos, a partir desses exemplos. No Projeto Pedagógico, os licenciandos poderiam planejar uma aula para explorar um conteúdo com o apoio dos modelos qualitativos, fazendo a análise de todo o sistema representado. Essa aula poderia estar situada em um plano de curso, dando uma perspectiva mais ampla ao trabalho educacional. Outra opção seria planejar uma aula fazendo com que os alunos manipulassem DynaLearn para construir modelos a partir de pequenos textos, individualmente, em dupla ou mesmo em grupo.

Do ponto de vista do atendimento à distância dos alunos da disciplina, foram criados na plataforma *MOODLE* fóruns de notícias, de participação e de dúvidas. A tutoria funcionava em tempo integral, na qual os alunos postavam as dúvidas e a tutora respondia e os atendia. Também foi possível manter diálogos entre tutora e alunos via *Skype*. Na plataforma foram criados chats para que a comunicação fosse feita dentro da plataforma. Dessa forma, foram oferecidos diversos mecanismos para a participação dos alunos nas atividades da disciplina.

Na primeira oferta da disciplina, foram realizados dois encontros presenciais, o primeiro após a quarta semana, e o outro na décima semana, nos dois polos da UAB/UnB, Ceilândia – DF, localizada a 28 km do Plano Piloto, e Itapetininga - SP, situada a 128 km da capital paulista.]

No primeiro encontro presencial foi feita uma apresentação rápida da disciplina, e seus objetivos, das formas de interação entre alunos e tutoria, e uma exposição dos modelos que seriam construídos no decorrer da disciplina. Também os alunos realizaram em dupla uma avaliação da parte teórica da disciplina e de mecanismos de retroalimentação apresentados na *Introdução a Dinâmica de Sistemas*.

No segundo encontro presencial, os alunos teriam que produzir um modelo qualitativo baseado em um sistema ecológico proposto pelo professor. Esse modelo seria construído em dupla e apresentado aos colegas, para que todos pudessem analisá-lo e contribuir para sua alteração caso vissem a necessidade.

As avaliações foram divididas em três partes: 20% da nota seriam obtidos por meio dos arquivos enviados pelos alunos com os exercícios tanto da parte teórica quanto da parte prática. Os exercícios realizados nos encontros presenciais somariam 51%, e 29% da nota seriam dados pela entrega do projeto didático feito pelos licenciandos.

Na primeira oferta da disciplina, os alunos tiveram muitas dificuldades com a parte teórica da Dinâmica de Sistemas e com a construção dos modelos. A programação previa que DynaLearn seria utilizado três semanas depois do início da disciplina, e muitos alunos se sentiram desanimados com a quantidade de textos escritos para serem lidos, com muita informação abstrata e complexa, sobre temas com os quais os alunos não tinham familiaridade. Somente a partir do primeiro encontro presencial, os exercícios passaram a ter significado real para os alunos. Assim, os exercícios valeram ao todo 71% da nota, pois foi avaliada a participação e entrega de todos os exercícios, não havendo distinção entre os enviados e os do encontro presencial, e o projeto enviado continuou valendo 29%.

Diante dessa situação, seria necessário tentar outra forma de apresentar a disciplina. Decidimos colocar os alunos da segunda oferta (2/2013) para começar a disciplina instalando o programa e modelando, e posteriormente introduzir a parte teórica sobre Dinâmica de Sistemas. Essa alteração de programa é descrita na seção seguinte.

### **5.3 A Segunda Oferta da Disciplina (2/2013)**

Para a segunda oferta da disciplina foram feitos alguns ajustes no programa, e as mudanças foram registradas em nova versão do Guia da Disciplina. Porém, foram mantidos praticamente o mesmo conteúdo e a essência da primeira oferta da disciplina, de modo a permitir uma comparação entre as duas ofertas de 2013. O programa adotado na segunda oferta da disciplina é apresentado no Apêndice C.

Nesta segunda oferta, a duração da disciplina foi reduzida para 12 semanas, em função de dificuldades para encontrar alunos dispostos a cursar a disciplina, além de outros problemas relativos à matrícula.

Os modelos qualitativos foram apresentados logo no início, na primeira semana de aulas. Assim, os alunos cedo tiveram contato com o programa Dynalearn e com a linguagem de modelagem. O programa poderia ser baixado desde a primeira aula e, a partir da segunda semana, os licenciandos já estariam estruturando seus primeiros modelos e analisando-os. Numa segunda parte da disciplina viria a parte teórico-conceitual da Dinâmica de Sistemas e a

aplicação desses conceitos aos modelos. Por último, seria trabalhado o Projeto Pedagógico elaborado pelos alunos.

Além dos seis vídeos utilizados na primeira oferta da disciplina, mais duas videoaulas foram produzidas. A primeira foi destinada à apresentação dos objetivos e da organização da disciplina, das formas de interação entre alunos e tutora, formas de avaliação e também apresentação visual do professor responsável e da tutora a distância. A segunda videoaula apresenta noções iniciais de Dinâmica de Sistemas, como representá-la na forma de modelos qualitativos e sua aplicabilidade na educação de forma geral. Esses vídeos foram somados aos vídeos tutoriais sobre uso do Dynalearn e seu funcionamento nos quatro níveis de complexidade (*LS1-LS4*).

Na segunda oferta, o tempo para entrega dos exercícios foi mais longo que na primeira oferta da disciplina – em média duas semanas, para que os alunos pudessem ter tempo de realizá-los, tirar dúvidas e interagir com outros colegas.

Um encontro presencial foi realizado. Nesse encontro foi feita uma exposição sobre as possibilidades dessa nova metodologia – trabalhar com modelos na perspectiva da Dinâmica de Sistemas. Além disso, os alunos deveriam construir um modelo simples e analisar sua simulação. Também foi proposto iniciar a construção do projeto didático com a organização das duplas, que iriam identificar interesses comuns.

A tutoria atuou mais intensamente, tanto na plataforma, por meio de mensagens, como por outros meios de comunicação *online*, como *Skype*, chats e telefone. Os fóruns foram mantidos. Na segunda oferta não houve muita participação dos alunos. Eles acharam muito complicado construir os conceitos na forma de modelos e principalmente utilizar DynaLearn logo no início da disciplina, pois os vídeos e tutoriais mostravam a técnica de modelagem, mas eles tinham dificuldade com o conteúdo, não conseguiam decidir sobre o fenômeno que iriam modelar e, depois, como desenvolver o raciocínio que resultaria no modelo construído.

A partir dessas duas experiências de oferta da disciplina, e da identificação de pontos positivos e negativos em cada uma delas, decidimos apresentar uma proposta em que as duas formas de organização das unidades de aprendizagem estejam combinadas, as partes teórica e prática sejam abordadas juntas na maioria das unidades. Essa proposta manteve a mesma ementa, objetivos, metodologia, conteúdo, avaliação e bibliografia, tendo sido alterados apenas o programa e as Unidades. A versão final da proposta será apresentada na forma de Guia da Disciplina completo, no Apêndice D desta Dissertação.

Os dados estatísticos referentes à participação dos alunos nas duas ofertas e os resultados das entrevistas realizadas com os alunos são apresentados a seguir, na seção 6.

## 6 RESULTADOS DAS DUAS OFERTAS E DISCUSSÃO

A disciplina *Tópicos em Ensino de Biologia: Introdução à Dinâmica de Sistemas* foi oferecida duas vezes, no primeiro e segundo semestres do ano de 2013, como disciplina optativa de dois créditos, sem pré-requisitos, disponibilizada na plataforma *MOODLE*, juntamente com as demais disciplinas oferecidas pela UAB/UnB.

Os resultados obtidos por meio da observação e da coleta de dados a partir das atividades avaliativas, dos registros feitos no *MOODLE*, dos questionários e das entrevistas, serão apresentados nesta seção da seguinte forma: as informações sobre o perfil e as notas finais dos alunos, e as dificuldades para a instalação do *software* DynaLearn serão relatadas na seção 6.1. Na seção 6.2, são discutidos os resultados da primeira oferta da disciplina (semestre 1/2013). Os resultados da segunda oferta (2/2013) estão na seção 6.3, e na seção 6.4 é feita uma análise comparativa dos resultados dos dois semestres. Na seção 6.5 são apresentados os resultados obtidos nos questionários, e, na seção 6.6, os das entrevistas.

### 6.1 O Perfil dos Alunos Matriculados e outras Informações

Foram matriculados, ao todo, nas duas ofertas da disciplina, 26 alunos, sendo 18 que cursavam o sexto ou o sétimo semestres da Licenciatura no polo de Itapetininga, e oito que cursavam o último semestre, no polo Ceilândia. Entre os matriculados, observou-se um predomínio de mulheres, 20, e seis homens, todos entre 23 e 50 anos de idade, como mostra a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Número de alunos matriculados nas duas ofertas da disciplina, por gênero.

	Mulheres	Homens	Total
<b>1ª oferta</b>	14	04	18
<b>2ª oferta</b>	06	02	08
<b>Totais</b>	20	06	26

Fonte: Análise do perfil dos alunos.

Entretanto, a Tabela 2 mostra que 14 alunos desistiram de fazer a disciplina. Entre eles, seis alunos não participaram de nenhuma atividade, e receberam menção ‘sem rendimento’ (SR); oito participaram somente das atividades iniciais, tendo obtido menção ‘insuficiente’ (II). Entre os licenciandos aprovados na disciplina, cinco obtiveram menção ‘média’ (MM), e sete, ‘média superior’ (MS).

Tabela 2: Número de alunos nas duas ofertas da disciplina por menção obtida.

Menções	1ª oferta	2ª oferta	Total de alunos
<b>SS</b>	–	–	–
<b>MS</b>	5	2	07
<b>MM</b>	4	1	05
<b>II</b>	5	3	08
<b>SR</b>	4	2	06
<b>Totais</b>	18	08	26

Fonte: Observações das menções no *MOODLE*.

A justificativa apresentada, em rápida entrevista telefônica, por 10 dos alunos que desistiram, foi o pouco tempo disponível, pois estavam envolvidos com muitas disciplinas. Outros três acharam muito complicada a linguagem do programa DynaLearn e a tarefa de construir modelos. Não foi possível conversar com um dos alunos que desistiu. É importante notar que as desistências não ocorreram ao mesmo tempo. Portanto, o número de licenciandos participantes das atividades descritas abaixo pode apresentar diferenças.

Desde o início das aulas, foram postados na plataforma *MOODLE*: o Guia da Disciplina, os fóruns de dúvidas e notícias, a apresentação da disciplina, os arquivos do programa DynaLearn para serem baixados e tutoriais para ajudar na instalação. Entretanto, de modo geral, os alunos tiveram dificuldades para instalar o programa DynaLearn em seus computadores.

## 6.2 Primeira oferta da disciplina (1/2013)

Dos 18 alunos matriculados, quatro desistiram logo no início e não chegaram a realizar nenhuma atividade; ao longo do curso mais cinco desistiram em momentos diferentes. Portanto nove alunos concluíram a disciplina.

Nessa oferta foi preciso utilizar uma versão simplificada do programa DynaLearn, sem parte das funcionalidades e mantendo apenas a bancada de modelagem e simulação, para os alunos conseguirem baixar em seus computadores. Além de ocupar menos espaço na memória, essa versão era mais fácil de ser instalada.

Dois alunos dos nove conseguiram completar todo o procedimento necessário para instalar DynaLearn utilizando os tutoriais disponibilizados no *MOODLE*. Muitos disseram, em mensagens trocadas com a tutora, não ter habilidade para operar o computador. Em outros casos, havia incompatibilidade com os sistemas operacionais instalados nos computadores pessoais. Foi explicada a eles a necessidade de seus computadores terem instalado o *Windows*

ou o sistema operacional da *Apple*, visto que o *Linux* possui muitas versões, a maioria incompatível com DynaLearn.

Afinal, depois de muito esforço da equipe da UAB e de novos tutoriais, essas dificuldades foram superadas e, na segunda oferta da disciplina, praticamente todos puderam instalar o DynaLearn sem problemas.

Assim que a disciplina estava no ar houve cinco acessos ao fórum de dúvidas, todos referente ao acesso dos alunos ao programa. Nas demais semanas, o fórum de dúvidas foi pouco acessado, os alunos usavam mensagens encaminhadas apenas à tutora a distância para perguntas sobre o cronograma, ou mesmo esclarecer dúvidas sobre os exercícios. Muitas vezes foi solicitado a eles que usassem o fórum, pois as dúvidas e as respostas poderiam ser compartilhadas por todos, mas isso, de fato, não aconteceu.

### 6.2.1 Roteiros de estudos e atividades complementares

Na primeira oferta da disciplina, descrita na seção 5, foram preparados e entregues aos alunos sete Roteiros de Estudos. Cada um trazia alguma atividade, exercícios complementares ou avaliativos. As atividades complementares não eram computadas para as notas. A Tabela 3 apresenta o número de alunos que entregou cada atividade avaliativa associada aos Roteiros de Estudo, na primeira oferta da disciplina.

Tabela 3: Número de alunos que entregaram as atividades avaliativas na primeira oferta da disciplina.

Atividade	Nº de alunos
Dinâmica de Sistemas	10
Retroalimentação	10
<i>LS1</i>	11
<i>LS2</i>	10
<i>LS3</i>	06
<i>LS4</i>	06
Projeto didático-pedagógico	07

Fonte: Observações das menções no *MOODLE*

**Roteiro de Estudos 1 (RE1):** Entre os dez alunos que fizeram a atividade avaliativa referente ao Roteiro de Estudos 1 (RE1), dois acertaram a noção de processo e identificaram corretamente as relações entre a quantidade-alvo (influenciada) e a quantidade-fonte (influenciadora). Esse exercício foi realizado em um fórum avaliativo por meio de perguntas às quais os alunos tinham de responder. Os demais alunos não compreenderam como os

processos eram representados. Entretanto, todos viram as possibilidades e aplicabilidade dessa metodologia para o desenvolvimento do pensamento sistêmico.

Foi solicitado que os alunos refizessem os exercícios corrigidos, para analisar seus erros e dificuldades e consertá-los, tentando compreender o que foi discutido nesse Roteiro de Estudos. Também foram disponibilizadas as respostas dos exercícios para eles mesmos corrigissem os exercícios que haviam feito.

**Roteiro de Estudos 2 (RE2):** O segundo Roteiro de Estudos completa a ideia da dinâmica apresentando o mecanismo de retroalimentação. Nesse RE, os alunos já observaram alguns modelos e puderam analisá-los. Dez alunos completaram essa atividade avaliativa, que explorava o conceito de retroalimentação e suas modalidades balanceadora e reforçadora.

No primeiro exercício dessa atividade avaliativa, todos os alunos acertaram a diferenciação entre os conceitos de retroalimentação. Seis dos alunos conseguiram identificar os mecanismos de retroalimentação ao analisar um modelo pronto. Mas quando deveriam representar a alça de retroalimentação em um modelo através de uma seta, mostrando a relação entre variáveis, três alunos conseguiram fazê-lo de forma correta. Isso mostra que, com os modelos prontos eles conseguiram identificar o mecanismo de retroalimentação, mas tiveram dificuldade para representar essa ideia em um modelo em construção.

Essa dificuldade não pode ser atribuída apenas ao desconhecimento da linguagem usada no DynaLearn. A falta de compreensão de conceitos básicos sobre processos presentes na Dinâmica de Sistemas tiveram seu papel. Para atender a essa demanda, foram elaborados e disponibilizados outros exercícios complementares, com seus respectivos gabaritos, e um arquivo com imagens para ilustrar melhor esse conceito.

**Roteiro de Estudos 3 (RE3):** Este Roteiro, que trata de mapas conceituais, foi o primeiro destinado à construção dos modelos. Em uma das atividades ali descritas, foi dado um pequeno texto sobre um lago e as coisas que ele poderia conter, e foi pedido aos alunos que fizessem um modelo no nível de complexidade *LS1* do programa DynaLearn, com os conceitos básicos e as relações entre eles, descritos no texto.

Dos 11 licenciandos que construíram o modelo, quatro conseguiram realizar a atividade corretamente, os outros sete demonstraram dificuldade principalmente na orientação correta das relações entre quantidades influenciadoras e quantidades influenciadas e fizeram poucas relações entre as diversas variáveis apresentadas.

**Roteiro de Estudos 4 (RE4):** O RE4 foi elaborado para introduzir os diagramas de influência (*DynaLearn, LS2*). Nos Exercícios Complementares, os alunos teriam de construir dois modelos, um representando a visão de madeireiros no desmatamento de uma região e o

que isso poderia trazer de benefícios para toda a comunidade, como empregos e impostos. O outro modelo apresentaria a visão dos ambientalistas, envolvendo o mesmo objetivo de trazer benefícios à sociedade, mas sem destruir a natureza. Dos 10 alunos que fizeram a atividade, seis conseguiram construir os modelos solicitados usando o programa, mas quatro ainda erraram, em alguns casos, os sentidos das setas que indicam as relações entre quantidade influenciadora e quantidade influenciada.

**Roteiro de Estudos 5 (RE5):** Esse Roteiro trata do nível *LS3*, em que, além do diagrama de influências, a simulação produz um grafo de estados. Os alunos foram orientados a construir um modelo simples do crescimento de uma árvore e a relação desse crescimento com a sombra produzida, alterando a temperatura do solo. Seis alunos fizeram essa atividade, e tiveram dificuldades em organizar o modelo e suas relações, e principalmente escolher os espaços quantitativos de cada variável. Eles comentaram muito a necessidade de uma aula especial para esse tema: como usar no programa os espaços quantitativos das variáveis. Foi disponibilizado para eles um vídeo, explicando como construir modelos em *LS3*.

**Roteiro de Estudos 6 (RE6):** O objetivo desse Roteiro foi continuar o trabalho de construção de modelos de simulação sobre o crescimento da árvore e da sombra projetada no solo, sendo introduzida a modelagem baseada em processos, os quais promovem mudanças no sistema, utilizando o *LS4* de *DynaLearn*.

Ao terminarem essa atividade, seis alunos tinham construído um modelo com as relações e indicações corretas das quantidades influenciadoras e influenciadas. Um deles não conseguiu entender o conceito de processo e se apropriar das indicações na representação gráfica. Os cinco refizeram os exercícios, revendo seus erros depois da correção. Três alunos fizeram outro modelo em *LS4*, como exercício complementar.

Alguns processos de ensino-aprendizagem foram desenvolvidos nessa atividade, como identificar os erros e acertos, propondo eles mesmos outros caminhos. Nessa etapa, os alunos foram capazes de interpretar alguns modelos prontos, propondo ajustes e novas relações. Também puderam observar como os sistemas se desenvolvem ao longo do tempo e verificar que alterações em uma variável podem desencadear novos resultados nas simulações.

**Roteiro de Estudos 7 (RE7).** O objetivo desse Roteiro era fazer os licenciandos planejarem a aplicação de conceitos da Dinâmica de Sistemas em atividades para alunos de Ensino Médio, usando modelos qualitativos prontos oferecidos pelos professores. Sete licenciandos chegaram a realizar o Projeto Pedagógico. Todos eles incluíram em seus projetos planos de aula e de curso; outros dois propuseram a construção de modelos, mas não relacionaram o planejamento das atividades aos modelos já prontos. Estes licenciandos

também não comentaram as habilidades trabalhadas com os alunos do Ensino Médio por meio dessas atividades. Nenhum licenciando completou a tarefa de elaborar um texto explorando o modelo, criou exercícios como possibilidade de promover o aprendizado ou construiu modelos novos para o material didático.

### *6.2.2 Encontros presenciais na primeira oferta da disciplina*

– **Primeiro encontro presencial:** na primeira oferta, nove alunos do polo Itapetininga e três da Ceilândia participaram do primeiro encontro presencial. Os objetivos eram a apresentação geral da disciplina aos alunos, e realizar atividades explorando os conceitos da Dinâmica de Sistemas estudados como forma de avaliação. Foram elaborados alguns modelos junto com os licenciandos, que participaram também da resolução de alguns exercícios e tiraram dúvidas.

Naquele momento da disciplina, os alunos do polo de Itapetininga já haviam baixado o programa e resolvido alguns exercícios. Foi possível introduzir o nível LS2 do DynaLearn e fazer uma atividade avaliativa sobre sistemas e sobre os mecanismos de retroalimentação. Todos acertaram os exercícios dessa atividade.

Os três alunos do polo Ceilândia ainda não tinham baixado o programa e resolvido nenhum exercício e não tinham lido e se apropriado do material. Assim, foi marcada uma nova reunião para três semanas depois, para eles estarem a par dos roteiros e pudessem começar a construção dos modelos. Também foi baixado o programa em todos os computadores dos alunos e comentado sobre o que seria feito nas próximas semanas. Esse segunda reunião com os alunos do polo Ceilândia de fato ocorreu, e assim foi possível desenvolver a atividade prevista para o primeiro encontro presencial.

– **Segundo Encontro presencial** – Apenas cinco alunas estavam presentes no segundo encontro presencial no polo de Itapetininga. Nesse encontro, foram construídos alguns modelos no nível LS4 do DynaLearn. As alunas participaram muito e interagiram com a tutora. Foram explicadas todas as partes do Projeto Pedagógico que elas deveriam elaborar, bem como os objetivos e as atividades que deveriam ser realizadas pelos alunos do Ensino Médio.

No polo de Ceilândia, os três alunos participaram deste segundo encontro presencial. Foi feita a construção coletiva de um modelo, durante a qual foram explicadas e discutidas as possibilidades da modelagem. Também foram dados esclarecimentos sobre o Projeto Pedagógico que deveria ser feito.

**Comentários sobre os alunos de Ceilândia (DF) e de Itapetininga (SP) –** Comparando-se os dois grupos de licenciandos matriculados na primeira oferta da disciplina nos polos de Ceilândia e Itapetininga, podem-se identificar duas realidades diferentes: no polo de Ceilândia, o grupo era constituído de alunos mais novos, entre 23 e 25 anos, que cursavam o último semestre do curso. Eles tinham mais habilidades nas operações com o computador. Um desses alunos estava fazendo seu segundo curso de graduação, e outro já atuava como professor.

No polo de Itapetininga, o grupo que participou até o fim da disciplina era, em sua maioria, constituído de alunas. Todos estavam no meio do curso (sexto ou sétimo períodos) e tinham mais que 25 anos, com exceção de uma aluna. Três deles já lecionavam. Esses alunos participaram muito das atividades da disciplina, e nos encontros presenciais e a distância, por meio de mensagens, *e-mails*, e *Skype*. Esses alunos apresentavam mais dificuldades nas operações com o computador.

### *6.2.3 Dados colhidos no MOODLE na primeira oferta da disciplina*

Para completar a análise do desempenho dos alunos na disciplina, foram verificados os acessos à plataforma de aprendizagem *MOODLE* durante o semestre para observar a relação entre o número de acesso aos materiais didáticos e a compreensão dos modelos. A plataforma registra acessos de todos os envolvidos no processo: professores, tutores, estudantes e coordenadores da disciplina. Contudo, os que mais acessaram foram os estudantes e a tutora.

No início da pesquisa, os acessos à plataforma *MOODLE* foram analisados sob a perspectiva do tempo de visualização. Entretanto, os resultados mostravam que muitas vezes os alunos ficavam na página alguns segundos ou minutos, e isso indicava que eles baixavam os arquivos e depois estudavam fora da plataforma. Houve mesmo o caso de alunos que nunca acessaram as páginas da plataforma para baixar arquivos ou participar de fóruns, embora tenham realizado as atividades e postado seus documentos.

Dessa forma, optamos por contabilizar o número de acessos à página, em lugar do tempo durante o qual os alunos permaneceram na página. Assim, cada acesso é contado como uma visualização, independente do tempo que cada aluno permaneceu na plataforma.

De todos os documentos postados, foram selecionados os que estavam relacionados diretamente com a aprendizagem de conceitos da Dinâmica de Sistemas e com a construção dos modelos. As atividades escolhidas para observação das quantidades de visualizações foram: Vídeos de apresentação da ferramenta e tutoriais para modelagem nos níveis *LS1-LS4*;

Roteiros de Estudos; Exercícios Complementares (completavam os REs, e não foram computados para a nota) e Exercícios Avaliativos (computados para nota).

Os vídeos foram apresentados na forma de tutoriais, mostrando como modelar utilizando a ferramenta DynaLearn e as peculiaridades de cada nível. As visualizações dos vídeos na primeira oferta da disciplina (1/2013) estão mostradas na Tabela 4.

Tabela 4: Visualizações dos Vídeos na 1ª oferta da disciplina.

Atividades	Visualizações	
	N	%
Vídeo 'Aspectos gerais de <i>DynaLearn</i> '	60	21,0%
Vídeo 'Como construir Mapas Conceituais em <i>DynaLearn</i> ' (LS1)	78	27,5%
Vídeo 'Como construir Diagramas de Influência' (LS2)	51	18%
Vídeo 'Como construir Diagramas de Influência Grafos de Estado' (LS3)	61	21,5%
Vídeo 'Como construir modelos com causalidade diferenciada' (LS4)	33	12%
<b>Total</b>	283	100%

Fonte: Observações no *MOODLE*

Esses dados mostram que as visualizações dos vídeos se deram de maneira equilibrada em relação ao conteúdo. O vídeo referente aos mapas conceituais foi o mais acessado, e o referente ao LS4, o menos acessado. É possível que, no início das atividades, havia maior interesse pelos modelos, que eram novidade. Ao final, além do número menor de alunos, estes já estavam mais familiarizados com DynaLearn.

Os Roteiros de Estudo, elaborados para explorar aspectos teóricos, foram divididos, de acordo com o Guia da Disciplina, em temas relacionados ao conteúdo da disciplina. Os acessos aos sete Roteiros de Estudo estão mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Visualizações dos Roteiros de Estudos na 1ª oferta da disciplina.

Roteiro de Estudos	Visualizações	
	N	%
Roteiro de Estudos 1 Introdução à Dinâmica de Sistemas	88	30,5 %
Roteiro de Estudos 2 Mecanismos de retroalimentação	41	14,2 %
Roteiro de Estudos 3 Mapas conceituais (LS1)	34	11,8 %
Roteiro de Estudos 4 Diagramas de Influência (LS2)	42	14,6 %
Roteiro de Estudos 5 Diagrama de Influência com grafo de estados (LS3)	29	10,0 %
Roteiro de Estudos 6 Modelos com causalidade diferenciada (LS4)	24	8,4 %
Roteiro de Estudos 7 Elaboração de Projeto Pedagógico	30	10,4 %
<b>Total de acessos</b>	288	100,0

Fonte: Observações no *MOODLE*

Observando a Tabela 7, verifica-se que o primeiro Roteiro foi o mais acessado pelos alunos, tanto porque era maior o número de alunos participando das atividades da disciplina como, possivelmente, pela dificuldade do assunto. Os acessos aos demais REs mostram poucas diferenças percentuais, mas é possível observar picos em momentos cruciais do aprendizado (mecanismos de retroalimentação e diagramas de influência *LS2*).

Além dos Roteiros, os alunos recebiam exercícios que complementavam os aspectos teóricos ou auxiliavam na construção dos modelos. Os acessos aos Exercícios Complementares são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6: Visualizações de Exercícios Complementares na 1ª oferta da disciplina.

Exercícios Complementares	Visualizações	
	N	%
RE1 Introdução à Dinâmica de Sistemas	106	47,0 %
RE2 Mecanismos de retroalimentação	36	17,0 %
RE3 Mapas conceituais ( <i>LS1</i> )	33	15,0 %
RE4 Diagrama de Influências ( <i>LS2</i> )	12	3,3 %
RE5 Diagrama de Influências com grafo de estados ( <i>LS3</i> )	35	6,0 %
<b>Total de acessos</b>	<b>222</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Observações no *MOODLE*

Verifica-se na Tabela 6 que os Exercícios Complementares sobre a Introdução a Dinâmica de Sistemas (RE1) foram os mais acessados. Assim como ocorreu com os acessos a Roteiros de Estudos, esses exercícios despertaram grande interesse nos alunos, mesmo não sendo pontuados para nota.

Nessa oferta da disciplina não foram elaborados Exercícios Complementares para o Roteiro de Estudos 6, sobre causalidade diferenciada (*LS4*). As atividades práticas consistiram da continuação dos Exercícios Avaliativos de modelagem sobre a árvore e sua sombra (diagramas de influências, *LS3*), que aparecem na Tabela 9, e sobre o planejamento do material para o Projeto Pedagógico (RE7).

As atividades avaliativas eram de dois tipos: os Fóruns Avaliativos, que eram obrigatoriamente realizados na plataforma *MOODLE*, e os Exercícios Avaliativos. Como a entrega de todos os Exercícios Avaliativos era obrigatória, observou-se uma maior quantidade de acessos à plataforma, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7: Visualizações de Fóruns e Exercícios Avaliativos na 1ª oferta da disciplina.

Exercícios Avaliativos	Visualizações	
	N	%
Fórum avaliativo: Introdução à Dinâmica de Sistemas	510	45,2 %
Mecanismos de retroalimentação	128	11,3%
Mapas conceituais	13	1,2 %
Diagrama de Influência LS2	82	7,3 %
Diagrama de Influência com grafo de estados LS3*	–	–
Modelos com causalidade diferenciada	95	8,3 %
Fórum avaliativo final	212	19,0 %
Envio do projeto	86	7.6%
<b>Total de acessos</b>	<b>1.126</b>	<b>100,0</b>

\* Não foi realizada atividade avaliativa relativa ao LS3.

Fonte: Observações no *MOODLE*

Os dados da Tabela 7 mostram que os exercícios avaliativos em que a plataforma foi usada como local da avaliação e tiveram mais acessos foram os fóruns: o Fórum avaliativo sobre Dinâmica de Sistemas e Fórum avaliativo final.

Os Exercícios Avaliativos referentes aos mecanismos de retroalimentação na primeira oferta da disciplina também tiveram mais acessos se comparados com os demais, e aqueles sobre mapas conceituais ficaram com percentual de acesso muito abaixo quando comparados aos demais, apesar de ter sido esse tema o que obteve maior número de visualizações dos Roteiros de Estudos.

### 6.3 Segunda Oferta da Disciplina (2/2013)

Apesar do grande empenho dos professores e da tutora para conseguir alunos para esta oferta da disciplina, havia uma grande quantidade de disciplinas obrigatórias a serem cumpridas por eles, e poucas matrículas foram efetuadas. Foram matriculados oito alunos, dos quais dois eram de Ceilândia, e desistiram logo no início, não chegando a realizar nenhuma atividade. O perfil dos alunos que permaneceram era o seguinte: todos eram de Itapetininga e tinham mais que 30 anos. Dos seis alunos que permaneceram na disciplina, dois deles já lecionavam e outros dois, sabiam usar computadores. Quatro não tinham habilidade para operar o computador.

### 6.3.1 Roteiros de estudos e exercícios complementares na segunda oferta

Os Roteiros de Estudos nesse segundo semestre foram disponibilizados em ordem diferente da primeira oferta. A intenção era colocá-los em contato com DynaLearn logo de início, e ir incentivando a construção dos modelos mais simples até os de maior grau de complexidade e depois apresentar a parte teórica da Dinâmica Sistemas.

No que se refere a atividades avaliativas, nesta segunda oferta não foram realizados os fóruns avaliativos, apenas os Exercícios Avaliativos. O número de alunos que fez cada uma das atividades avaliativas na segunda oferta é mostrado na Tabela 8.

Tabela 8: Número de alunos que entregaram atividades avaliativas na 2ª oferta da disciplina

Exercícios Avaliativos	Nº de alunos
<i>LS1</i>	4
<i>LS2</i>	3
<i>LS3</i>	3
<i>LS4</i>	0
Dinâmica de Sistemas	1
Retroalimentação	4
Projeto Pedagógico	4

Fonte: Observações no *MOODLE*

Os Exercícios Avaliativos relativos ao Roteiro de Estudos 1, mapas conceituais, foram feitos por quatro alunos; desses, dois fizeram as relações entre as variáveis de forma coerente e os demais cometeram erros.

Três alunos realizaram os exercícios sobre diagrama de influências, relacionados ao Roteiro de Estudos 2, dos quais dois fizeram corretamente as relações entre quantidades influenciadoras e influenciadas.

Os Exercícios Complementares foram considerados Exercícios Avaliativos nos roteiros RE3 e RE4, nessa segunda oferta. Os exercícios associados ao Roteiro de Estudos 3, também foram realizados por três alunos; desses, dois tiveram muitas dificuldades em determinar os espaços quantitativos. Nenhum aluno fez os modelos em *LS4*.

Uma aluna realizou os exercícios iniciais sobre conceitos da Dinâmica de Sistemas. Quatro alunos fizeram os exercícios referentes aos mecanismos de retroalimentação. Dois deles não identificaram corretamente esse mecanismo e dois conseguiram representá-los nos modelos.

Quatro alunos enviaram o projeto didático pedagógico. Entre eles, dois não estavam em consonância com o que havia sido solicitado, pois o projeto não levava em conta a metodologia de ensino baseada na construção de modelos qualitativos.

### 6.3.2 Encontro presencial na segunda oferta da disciplina

Na segunda oferta, seis alunos participaram do único encontro presencial no polo de Itapetininga. Até esse encontro, nenhum aluno tinha conseguido baixar o programa DynaLearn, três não tinham computadores pessoais. Os alunos que levaram suas máquinas nesse dia puderam baixar o programa e alguns modelos em *LS1* e *LS2* foram construídos; DynaLearn foi baixado nos computadores dos polos para que os que não levaram computadores pudessem realizar as atividades. Foram dadas também orientações para o desenvolvimento do Projeto Pedagógico. Ao final, dos seis alunos presentes, três concluíram a disciplina.

### 6.3.3 Dados colhidos no MOODLE na segunda oferta da disciplina

Na segunda oferta da disciplina foram produzidos mais dois vídeos adicionais: uma apresentação da disciplina, do professor e da tutora e um segundo uma videoaula sobre a Dinâmica de Sistemas. A Tabela 9 mostra as visualizações dos vídeos.

Tabela 9: Visualizações dos Vídeos na 2ª oferta da disciplina.

Atividades	Visualizações	
	N	%
Vídeo aula ‘Apresentação da Disciplina’	0	00%
Vídeo aula ‘A Dinâmica de Sistemas’	2	2,5 %
Vídeo ‘Aspectos gerais de <i>DynaLearn</i> ’	3	3,7 %
Vídeo ‘Como construir Mapas Conceituais em <i>DynaLearn</i> ’ ( <i>LS1</i> )	36	43,9 %
Vídeo ‘Como construir Diagramas de Influência’( <i>LS2</i> )	31	37,8%
Vídeo ‘Como construir Diagramas de Influência Grafos de Estado’ ( <i>LS3</i> )	10	12,1%
Vídeo ‘Como construir modelos com causalidade diferenciada’ ( <i>LS4</i> )	–	–
<b>Total de acessos</b>	82	100,0%

Fonte: Observações no *MOODLE*

A Tabela 9 mostra que os alunos acessaram muito pouco as videoaulas de apresentação, mas o vídeo que apresentava os aspectos mais relevantes de DynaLearn foi o mais acessado, seguido pelo vídeo que mostra a construção de Mapas Conceituais (*LS1*). Isso pode indicar que eles tiveram interesse em saber como funcionava o programa e como os

modelos poderiam ser representados, mas não houve visualizações dos vídeos que mostram como modelar em DynaLearn nos níveis *LS3* e *LS4*. A Tabela 10 mostra as visualizações de Roteiros de Estudos.

Tabela 10: Visualizações dos roteiros de estudos na 2ª oferta da disciplina.

Roteiro de Estudos	Visualizações	
	N	%
Roteiro de Estudos 1 (Mapas conceituais LS1)	14	16,9 %
Roteiro de Estudos 2 (Diagrama de Influência LS2)	12	14,5 %
Roteiro de Estudos 3 (Diagrama de Influência com grafo de estados LS3)	11	13,2 %
Roteiro de Estudos 4 (Modelos com causalidade diferenciada LS4)	18	21,7%
Roteiro de Estudos 5 (Introdução à Dinâmica de Sistemas)	5	6,1 %
Roteiro de Estudos 6 (Mecanismos de retroalimentação).	8	9,1 %
Roteiro de Estudos 7 (Elaboração de materiais didáticos)	15	18,1 %
<b>Total de acessos</b>	<b>83</b>	<b>100%</b>

Fonte: Observações no *MOODLE*

O número de visualizações dos Roteiros de Estudos nessa segunda oferta da disciplina foi mais ou menos equilibrado, com quase a mesma porcentagem de visualizações para a maioria dos Roteiros. Entretanto observamos uma menor na quantidade de visualizações nos Roteiros referentes à introdução à Dinâmica de Sistemas e aos mecanismos de retroalimentação. As visualizações referentes aos Exercícios Complementares são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11: Visualizações – exercícios complementares na 2ª oferta da disciplina

Exercícios complementares	Visualizações	
	N	%
RE1 Mapas conceituais ( <i>LS1</i> )	15	8,5 %
RE2 Diagrama de Influência ( <i>LS2</i> )	13	7,5 %
RE3 Diagrama de Influência com grafo de estados ( <i>LS3</i> )	23	13,1 %
RE4 Modelos com causalidade diferenciada ( <i>LS4</i> )	26	14,8 %
RE5 Introdução a Dinâmica de Sistemas	71	40,0 %
RE6 Mecanismos de retroalimentação	28	16,0 %
<b>Total de acessos</b>	<b>176</b>	<b>100,0 %</b>

Fonte: Observações no *MOODLE*

Foram preparados os exercícios complementares para os conceitos envolvendo os modelos com causalidade diferenciada (*LS4*), que não foram cobrados na primeira oferta da disciplina. Interessante notar que, apesar de os alunos terem acessado menos os Roteiros de Estudo sobre a introdução a Dinâmica de Sistemas e os Mecanismos de Retroalimentação (Tabela 10), os respectivos Exercícios Complementares foram os mais visualizados (Tabela 11). Os alunos tentaram respondê-los e entender os conceitos fundamentais da Dinâmica de Sistemas e os mecanismos de retroalimentação, como ocorreu na primeira oferta da disciplina.

Os exercícios avaliativos tinham o objetivo de observar primeiramente a construção dos modelos e posteriormente a parte dos conceitos teóricos da DS.

A quantidade de visualizações dos Exercícios Avaliativos está na Tabela 12.

Tabela 12: Visualizações: exercícios avaliativos na 2ª oferta da disciplina.

Exercícios avaliativos	Visualizações	
	N	%
Mapas conceituais <i>LS1</i>	45	14,2 %
Diagrama de Influência <i>LS2</i>	27	8,5 %
Diagrama de Influência com grafo de estados <i>LS3</i>	–	–
Modelos com causalidade diferenciada <i>LS4</i>	81	25,6 %
Introdução à Dinâmica de Sistemas	31	9,8%
Mecanismos de retroalimentação	20	6,3 %
Fórum avaliativo final	–	–
Envio do projeto	112	35,4 %
<b>Total de acessos</b>	<b>316</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Observações no *MOODLE*

Pode-se observar que o maior número de acessos se deu no envio do projeto final e nos exercícios sobre os mapas conceituais. Diferentemente da primeira oferta da disciplina, em que os exercícios sobre mapas conceituais foram pouco acessados, na segunda oferta já houve bem mais acessos, podendo-se inferir que, como nessa versão os exercícios avaliativos começaram com os mapas conceituais. Esse dado indica que, os primeiros exercícios a serem entregues tiveram maior acesso nas duas versões.

O envio do projeto nessa oferta teve muito mais acessos em relação à primeira oferta, o que pode indicar que os alunos ficaram mais preocupados com essa tarefa.

As atividades disponibilizadas na plataforma mostram maior participação dos alunos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, porém para se ter uma precisão nesses dados o trabalho deve ser desenvolvido diretamente na plataforma.

## 6.4 Balanço dos resultados obtidos nas duas ofertas da disciplina

Os somatórios de acessos dos vídeos apresentados nas duas versões estão na Tabela 13.

Tabela 13: Somatório total de visualizações dos vídeos nas duas ofertas da disciplina.

Atividades	Visualizações totais	
	N	%
Vídeo ‘Apresentação da Disciplina’*	–	–
Vídeo ‘A Dinâmica de Sistemas’*	–	–
Vídeo ‘Aspectos gerais de <i>DynaLearn</i> ’	96	26,3 %
Vídeo ‘Como construir Mapas Conceituais em <i>DynaLearn</i> ’ (LS1)	109	29,8 %
Vídeo ‘Como construir Diagramas de Influência’(LS2)	61	16,7 %
Vídeo ‘Como construir Diagramas de Influência Grafos de Estado’(LS3)	65	17,8 %
Vídeo ‘Como construir modelos com causalidade diferenciada’(LS4)	34	9,4 %
<b>Total de acessos nas duas ofertas</b>	<b>365</b>	<b>100,0 %</b>

\* Como esses dois vídeos foram produzidos na 2ª oferta, eles não são considerados nesta análise.

Fonte: Observações no *MOODLE*

Somando o total de visualizações nas duas ofertas das disciplinas, os vídeos mais acessados são os que mostram aspectos gerais de *DynaLearn* e como construir Mapas Conceituais (modelos em LS1). Deduz-se que os alunos investiram mais tempo na visualização desses vídeos para aprender a usar o *DynaLearn* e para organizar os conceitos fundamentais da Dinâmica de Sistemas. A curva de aprendizado pode justificar as demais visualizações – os modelos LS2 e LS3 não são muito complexos e, uma vez assimilados, tornam mais fácil a assimilação do LS4.

As visualizações dos Roteiros de Estudos constituem parte importante das duas ofertas da disciplina, pois indicam o acesso direto ao material didático disponível. Observando-se o somatório de visualizações das duas ofertas pode-se obter a porcentagem de visualizações por conceito, como mostrado na Tabela 14.

Tabela 14: Somatório das visualizações dos Roteiros de Estudos as duas ofertas da disciplina

Roteiros de Estudos	Visualizações	
	N	%
Mapas conceituais (LS1)	48	13,0 %
Diagrama de Influência (LS2)	44	12,0 %
Diagrama de Influência com grafo de estados (LS3)	40	11,0 %
Modelos com causalidade diferenciada (LS4)	42	12,0 %

(continua)

	(continuação)
Introdução à Dinâmica de Sistemas	93 25,0 %
Mecanismos de retroalimentação	49 13,8 %
Elaboração do Projeto Pedagógico	45 12,2 %
<b>Total de acessos nas duas ofertas</b>	<b>371 100,00</b>

Fonte: Observações no *MOODLE*

As quantidades de visualizações dos Roteiros de Estudos nas duas ofertas da disciplina são equiparáveis. Os Roteiros de Estudos que introduzem a Dinâmica de Sistemas e os mecanismos de retroalimentação foram os mais acessados. Os Roteiros que tratam do início da modelagem em DynaLearn (*LS1* e *LS2*) também foram muito vistos.

## 6.5 Resultados Obtidos nos Questionários

O questionário, disponível no Apêndice E foi aplicado aos alunos que concluíram a disciplina. Foram enviados 12 questionários via e-mail; desses, 10 alunos enviaram suas respostas.

De posse dos questionários respondidos, as 20 perguntas foram divididas em cinco categorias, de modo a organizar as respostas e tornar a análise mais objetiva. As categorias são as seguintes: (A) uso do *software*; (B) dificuldades na modelagem; (C) contribuição para a formação acadêmica dos alunos; (D) modelagem a distância; e (E) compreensão do pensamento sistêmico por meio de modelos. As respectivas respostas dadas pelos 10 alunos a essas categorias de perguntas são apresentadas a seguir.

### 6.5.1 *Uso do software*

Nessa categoria procurou-se saber quanto os alunos interagiram com o programa DynaLearn e como se dava a relação deles com o programa e com a Dinâmica de Sistemas. Gostaríamos de saber se a utilização do *software* proporcionou a eles uma maneira confortável de aprender. Dos 10 alunos que responderam ao questionário quatro acharam fácil a tarefa de utilizar o programa, três acharam difícil, três acharam dificuldade mediana. Três alunos acharam a utilização do *software* difícil. Concluimos que, com esse programa, é possível trabalhar com os alunos para alcançar os objetivos da disciplina.

### *6.5.2 Dificuldades para construir modelos*

Nesse grupo de perguntas, pretendia-se verificar se eles sentiram dificuldades na construção dos modelos qualitativos e o que eles acharam da atividade de modelagem em si, levando-se em conta a Dinâmica de Sistemas, com os processos e mecanismos de retroalimentação. De acordo com as respostas dadas por 10 alunos ao questionário, um aluno achou muito fácil a relação entre a modelagem e a Dinâmica de Sistemas; três acharam fácil; quatro alunos consideraram a dificuldade mediana; e apenas dois acharam difícil. Sendo assim, concluímos que a tarefa de elaborar os modelos a partir da abordagem da Dinâmica de Sistemas não é muito complicada, e podendo contribuir para desenvolver nos alunos o pensamento sistêmico.

### *6.5.3 Contribuição para a formação acadêmica*

Nessa categoria de perguntas, buscamos verificar se os alunos consideram que a disciplina contribuiu para sua formação. Um considerou a disciplina como nada útil para sua formação; um aluno, como pouco útil; seis alunos consideraram útil; e dois, muito útil. Interpretamos as respostas como indicativo que os alunos consideraram a disciplina útil para a sua formação, e nos sentimos ainda mais estimulados para buscar a melhor maneira de aplicá-la nos cursos de graduação.

### *6.5.4 Modelagem a distância*

O objetivo desse grupo de perguntas era investigar como foi, na percepção dos alunos, a tarefa de construir modelos qualitativos a distância. Três consideraram essa tarefa fácil; dois consideraram a dificuldade mediana (nem fácil, nem difícil); e cinco a consideraram difícil.

### *6.5.5 Compreensão do pensamento sistêmico por meio de modelos*

Com a última categoria de perguntas, pretendíamos verificar como os alunos avaliavam a importância do uso de modelos para pensar sobre sistemas. Três dos alunos avaliaram como muito importante a representação do sistema por meio de modelos para a formulação do pensamento sistêmico; seis alunos reconheceram que essa abordagem era importante; e um aluno considerou o uso de modelos pouco importante. Concluímos que os

alunos percebem a importância que têm os modelos para a visualização dos sistemas e de sua dinâmica, e assim desenvolver uma nova forma de pensar.

## 6.6 Resultados Obtidos com as Entrevistas

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os licenciandos, com objetivo de coletar informações complementares sobre todo o contexto da disciplina, sobre como foi percebido o processo de construção e representação dos sistemas dinâmicos por meio de modelos, e sobre opiniões e sugestões para que a disciplina possa contribuir para o desenvolvimento do pensamento sistêmico. O roteiro para essas entrevistas está disponível no Apêndice F.

Com os dois alunos do polo Ceilândia, as entrevistas foram feitas pessoalmente, no Núcleo de Educação Científica da Universidade de Brasília (NECBio/IB/UnB). Com os alunos do polo Itapetininga, as entrevistas foram feitas a distância, por meio do programa *Skype*. Os diálogos foram gravados e posteriormente transcritos.

Antes das entrevistas, os alunos foram informados quanto à natureza da pesquisa, seus objetivos e o anonimato das respostas. Foi pedido aos alunos que, durante a entrevista, usassem o máximo de sinceridade em suas respostas, para que elas pudessem ser bem aproveitadas. Caso não entendessem algo, poderiam fazer perguntas durante a elaboração das respostas. Os resultados são apresentados abaixo. Alguns trechos das falas dos alunos foram incluídos no texto para corroborar as ideias e para complementar as impressões deixadas durante as entrevistas.

*A primeira pergunta visava saber qual seria, na opinião dos licenciandos, a contribuição do uso de modelos qualitativos para o ensino de ciências.*

Todos os alunos entrevistados concordaram em dizer que os modelos possibilitaram criar uma nova visão do mundo. Eles observaram que os fenômenos naturais poderiam ser vistos sob a ótica de sistemas, e que a representação dos sistemas na forma de modelos ajuda muito a formar essa percepção. Desse modo, os sistemas biológicos passaram a ter outro significado, com amplitude muito maior e grande quantidade de inter-relações:

Os modelos abriram minha mente para a variedade de possibilidades que os sistemas poderiam ter [...] (aluno 1).

Tudo parece estar agora na forma de sistemas e mostrar isso na forma de modelos qualitativos é uma forma prática (aluno 3).

Ver que as coisas são envolvidas e interligadas nos faz ter outra ação com todas as coisas, principalmente com as da natureza (aluno 5).

*A segunda questão abordava a importância de pensar sistemicamente para a formação acadêmica deles.*

Os alunos concordaram que modelos qualitativos permitem contribuir na formação acadêmica mostrando uma nova metodologia em que o aluno pode interagir com o computador e desenvolver muitas habilidades podendo aprender de uma forma mais dinâmica e não convencional, usando as novas tecnologias. Interessante notar a divergência entre as respostas dadas pelos alunos no questionário e na entrevista sobre o mesmo tema. No questionário, nem todos viram a contribuição da disciplina na sua formação. Acerca desse assunto, seguem alguns depoimentos:

Durante o curso não tivemos nenhuma disciplina que tenha trabalhado tanto o pensamento sistêmico. Ofertando essa disciplina no começo do curso, poderíamos aproveitar esse olhar para as demais disciplinas (aluno 4).

Vi a possibilidade de dar uma aula envolvendo várias coisas juntas num único modelo, fazendo o aluno pensar, e não só decorar (aluno 1).

Sair da forma convencional de dar aula pode atrair os alunos, e só podemos ter isso aqui na faculdade. Temos que fazer o aluno pensar diferente (aluno 3).

*Nas questões três e quatro, pretendíamos saber se, com os modelos, os licenciandos perceberam algum desenvolvimento do pensamento sistêmico, e se passaram a ver os sistemas de forma diferente.*

Os alunos responderam que ampliaram a visão de mundo, vendo os sistemas não mais de forma linear e unidirecional, mas de forma interligada. Segundo eles, ao conhecerem os mecanismos de retroalimentação, passaram a ter uma visão do todo. Também comentaram sobre a possibilidade de pensar nas soluções dos problemas de forma mais elaboradas e conscientes:

Agente lendo um texto, você não tem uma visão do que realmente está acontecendo, mas com o modelo você pode entrar na situação, simular as diversas variáveis, tornando aquele ambiente real (aluno 3).

Quando íamos fazer um modelo tínhamos que fazer uma série de relações e depois organizá-las. Por isso, nosso pensamento tinha que ser mais amplo e não podíamos saber pouco, tínhamos que ler e interpretar e saber sobre várias coisas além do nosso tema (aluno 5).

É importante dar a possibilidade ao aluno de uma aula mais visual, e é desse jeito que também nós aprendemos. Os modelos são muito visuais, deixam a gente fazer do nosso jeito, criando e desfazendo, e às vezes até brincando (aluno 2).

*Com a quinta pergunta, queríamos saber se as simulações com o software DynaLearn possibilitaram perceber que o comportamento dos sistemas pode seguir vários caminhos.*

Nessa resposta os alunos elogiaram muito a ferramenta de aprendizagem, pois com ela pode-se ver as diferentes simulações e fazer várias previsões. Também comentaram que com a simulação ficou muito mais claro que os sistemas podem ser influenciados pelas taxas e uma alteração numa variável muda todo o comportamento do sistema:

Só passei a perceber as muitas respostas possíveis quando rodei várias simulações (aluno 5).

Vimos que uma mudança pequena pode fazer várias outras alterações. As ligações não são só diretas, mas também podem ser inversas e assim as simulações podem dar resultados que a gente não estava esperando (aluno 4).

Tive um pouco de dificuldade para aprender o programa no início, mas depois a gente acostuma com os comandos e com a linguagem. Modelar exige mais raciocínio, e aí é que é diferente [...] (aluno 2).

Gostei da experiência de ter uma aula prática, no computador, com esse programa. Era mesma coisa de fazermos experiências, foi muito proveitoso. Fugiu da aula tradicional, só ler e escrever, e a sensação é que estávamos juntos com outras pessoas numa sala de aula (aluno 1).

Quero tentar colocar nesse programa outros sistemas para ver o que vai dar. Com ele tive muitas outras ideias, acho que os alunos vão gostar (aluno 3).

*Foi indagado, na sexta pergunta, se com os roteiros, exercícios e vídeos eles conseguiram perceber o funcionamento dos mecanismos de retroalimentação.*

Muitos disseram que sem os modelos muitas vezes a retroalimentação não é lembrada, e sem os modelos eles tinham dificuldades para visualizar o mecanismo. Para os alunos os roteiros eram grandes, mas a escrita estava clara e objetiva. E eles enfatizaram que as imagens elaboradas para ilustrar os roteiros auxiliaram muito no entendimento. Os vídeos tutoriais foram elogiados, e muitos disseram que foram fundamentais para o entendimento do DynaLearn, pois saíam da linguagem textual.

Muitos disseram que não realizaram os Exercícios Complementares durante o semestre, pois tinham muitas outras disciplinas, mas os exercícios avaliativos precisavam de mais tempo e auxílio para fazer. Seguem alguns exemplos desses sentimentos:

Se não fossem as figuras acredito que seria muito difícil entender os modelos no começo (aluno 3).

Ter um tutorial por vídeo sai um pouco do papel escrito e mostra um novo ambiente de aprendizagem (aluno 1).

Quem trabalha não pode fazer tudo, tem que escolher, e fiz os avaliativos (aluno 5).

Os exercícios ajudavam muito a entender o conteúdo, pois eles contextualizavam as situações, daí tudo ia fazendo sentido. E, ao final, ver as simulações dos modelos dava um friozinho na barriga. Muitas vezes dava tudo errado e fazer de novo era empolgante (aluno 2).

*A sétima pergunta pedia para os alunos apontarem pontos positivos e negativos de se trabalhar com modelos, em lugar de aulas tradicionais.*

Os pontos positivos ficaram em torno da visualização e da apresentação dos conteúdos por meio de um modelo que não expressa números, mas relações entre conceitos. Os licenciandos também comentaram que essa forma de ver os problemas coloca os alunos para pensar e usar a criatividade no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, ter de usar o computador como forma de interação favorece o manuseio dessa tecnologia.

Os pontos negativos mais significativos relatados pelos alunos foram a dificuldade em aprender a linguagem do programa e o pouco tempo disponível para estudar esse conteúdo. Muitos comentaram da falta de habilidade em operar o computador:

Um dos pontos positivos foi aprender uma nova forma de aprender e ensinar. E os pontos negativos, o programa em inglês e o pouco tempo para realizar as tarefas (aluno 5).

Gostei muito de saber mostrar os sistemas como modelos. Acredito que isso fará o aluno aprender melhor, de uma forma mais dinâmica, e ele fazendo sua aprendizagem (aluno 3).

O grande ponto positivo é o quanto exercitamos nossa mente para realizar as questões. Então, os alunos poderão ser muito beneficiados com isso (aluno 10).

Um ponto negativo é o pouco tempo desta disciplina, seria preciso mais créditos, para termos tempo de fazer os modelos com calma (aluno 1).

Ponto positivo é sair da mesma forma de sempre. E o negativo, dificuldades com a informática (aluno 2).

*A oitava pergunta visava saber se foi possível identificar o potencial do uso de modelos para promover a interdisciplinaridade.*

Em suas respostas, os licenciandos acharam que os modelos podem ser utilizados nas mais diferentes disciplinas. Assim, podem-se construir parcerias entre os professores de diversas áreas para a construção de um modelo que interligue vários conteúdos, tendo a interdisciplinaridade como elo entre os diversos professores. Também comentaram que os alunos não teriam só uma disciplina em que os modelos seriam usados, e sim, com o passar do tempo, muitas disciplinas que adotariam modelos como forma de apresentação de conteúdo. A interação faria dos alunos sujeitos de sua aprendizagem e também possibilitaria uma forma de avaliação interdisciplinar, em que os sistemas seriam amplamente interligados.

As seguintes falas mostram essas opiniões:

Pude perceber que não somente poderia usar na biologia, mas também em geografia, história, química e outras disciplinas. Assim, ensinar a modelar pode ser aproveitado por todos os outros professores e principalmente pelo aluno, para ele mesmo desenvolver sua criatividade em outras matérias (aluno 3).

Vejo, sim, a possibilidade de fazer muitas parcerias com professores de outras áreas, trazendo mais riqueza as nossas aulas (aluno 6).

Se não fossem os conteúdos que temos que cumprir, podia tentar colocar várias 'coisas' dentro de um modelo e assim dar tudo de uma vez. Mas com os meninos fazendo as coisas, e não a gente dando tudo pronto. Eles iam criar sua forma de aprender, acho que seria uma educação mais real. (aluno 5).

A interdisciplinaridade é mais fácil através dos modelos, pois num modelo podem-se apresentar vários conteúdos (aluno 1).

*A questão de número nove desejava saber como foi o estudo de modelagem a distância e sugestões para facilitar a aprendizagem nessa situação.*

Estudar qualquer disciplina requer disciplina e força de vontade. Os alunos acharam difícil o estudo de modelagem a distância, principalmente pela falta de aulas práticas presenciais para auxiliá-los na demonstração do DynaLearn, suas aplicações e linguagem, e na tarefa de construção dos modelos. As sugestões para facilitar o entendimento seriam: mais vídeos com tutoriais mostrando o uso do programa, mas que fossem lentos, explicando bem o programa, para que eles não tivessem que voltar tantas vezes ao vídeo; mais aulas práticas presenciais de construção de modelos; os professores de graduação poderiam incentivar outras formas de representação dos conhecimentos estudados, tais como figuras e modelos; a Universidade poderia oferecer cursos de formação e disciplinas para auxiliar os alunos a utilizar novas metodologias e tecnologias. Além disso, seriam necessárias mais aulas práticas e maior carga horária para a disciplina:

Se tivéssemos conhecimento de modelos desde o início do curso, poderíamos ter usado em várias disciplinas e aproveitado mais, pois aí seria somente aprender a modelar (aluno 3).

Não vemos outras disciplinas pela visão dos sistemas, por isso nossa visão fica limitada. Tínhamos que ver tudo na forma de sistemas, e depois mostrar na forma de modelos. Nosso curso seria muito melhor (aluno 1).

Seria mais fácil aprender a Dinâmica de Sistemas e a modelagem com mais aulas nos polos, pois só a leitura dos textos e os roteiros são muito confusos (aluno 4).

Precisa é de mais tempo, dois créditos é muito pouco para tanto trabalho (aluno 7).

Na décima questão, foi perguntado se eles viram uma relação clara entre os modelos e o desenvolvimento do pensamento sistêmico. Todos responderam que sim. Os modelos os levaram a perceber melhor os sistemas, e a enxergarem sua dinâmica através dos mecanismos de retroalimentação e principalmente contribuíram para perceberem e ampliarem suas visões de mundo e darem respostas mais elaboradas e conscientes aos fenômenos da natureza.

Só falar em sistemas não adianta o que nos ajudou a ver tudo como sistemas foram os modelos (aluno 10).

Ver os fenômenos ao longo do tempo não é uma tarefa fácil e cotidiana, com os modelos podemos perceber isso e mais, observar que muitas coisas podem ser vistas como sistemas e aí é que vemos que temos muitas possibilidades de respostas (aluno 9).

Perceber os sistemas como algo dinâmico em que podem ser alterados de acordo com as diversas circunstâncias aguça nossa criatividade e nosso interesse por ver as simulações e o que elas podem nos mostrar (aluno 5).

Acredito que vou prestar mais atenção nos sistemas da natureza e da minha vida (aluno 2).

*A última questão perguntava a opinião dos alunos sobre a disciplina e os materiais didáticos utilizados.*

Com relação aos Roteiros de Estudo, a maioria dos alunos disse que, apesar de bem elaborados e com vários recursos, os temas foram considerados complexos e a interpretação é difícil e pouco intuitiva, demanda envolvimento e compreensão. Os alunos comentaram que tiveram de ler os Roteiros várias vezes para entender, mas depois passaram a observar muitas coisas dentro do que foi estudado. Disseram ainda que as imagens ajudaram muito durante toda a disciplina. Elas eram bem didáticas, e muitos viram que era um assunto novo, e por isso demoraram a entender o que realmente estavam fazendo e qual o objetivo.

Os exercícios foram muitos, e os alunos precisavam de mais aulas presenciais para tirar as dúvidas. Utilizando-se de mensagens, as dúvidas demoravam a ser respondidas, e às vezes a relação entre as perguntas e as respostas já havia sido perdido. Além disso, muitas vezes os alunos não tinham outro horário para fazer os exercícios. Entretanto, os alunos reconheceram que as atividades práticas foram fundamentais para eles conseguirem manusear o programa e entenderem o pensamento sistêmico.

Os vídeos foram realmente um diferencial para a disciplina, pois os tutoriais ajudaram não somente a utilização de DynaLearn, mas a também dar uma visão geral de como eram os modelos e de como eles ficariam depois de prontos.

A análise dos modelos prontos foi outro aspecto que eles acharam muito importante e interessante, pois puderam observar as habilidades relacionadas à interpretação, planejamento, implementação e às críticas que poderiam desenvolver e aplicar como forma de metodologia didática aos seus alunos. Também passaram a ter uma visão abrangente dos sistemas estudados e terem uma intencionalidade em seus argumentos.

Sobre a tutoria, os alunos comentaram que foi bem realizada, pois tanto os tutores presenciais quanto a que atuou a distância tiveram uma boa interação com todos os participantes da disciplina. Foram atingidos os objetivos de auxiliá-los nas atividades, solucionar dúvidas, incentivar a participação e se empenhar na resolução dos problemas

encontrados no decorrer do semestre. Infelizmente, os chats acabaram não acontecendo, pois eles não participaram, mas reconheceram que foi um recurso disponibilizado, porém não utilizado, por dificuldades de horário.

As entrevistas serviram para que se tivesse a opinião dos participantes da pesquisa de uma forma abrangente. Muitas vezes as respostas acabam sendo parecidas, já que as perguntas são as mesmas. Entretanto, é possível diferenciar aspectos a que os alunos dão mais ênfase e aqueles a que eles não dão tanta importância, por meio de expressões corporais e até mesmo pela entonação da voz.

## 7 PROPOSTA FINAL DA DISCIPLINA

Os resultados obtidos nas duas ofertas desta disciplina servem para reflexão sobre a organização dos conteúdos, como as atividades podem ser dispostas na plataforma, quais as melhores formas de estimular a participação dos alunos e como os conceitos ‘dinâmica de sistemas’ e ‘pensamento sistêmico’ influenciam e contribuem na forma de pensar das pessoas acerca dos fenômenos biológicos.

Muitas dificuldades foram vivenciadas nas ofertas dessa disciplina. Além de coisas básicas, como a falta de computadores individuais para muitos alunos, a falta de tempo para participar das atividades propostas é um aspecto importante a ser considerado, pois a maioria tinha compromissos com outras disciplinas ou com outras atividades.

As dificuldades para aprender a linguagem do programa e interpretar os modelos, associadas à demanda de tempo para leitura e interpretação dos materiais didáticos, levaram muitos alunos a abandonar a disciplina. Nesse sentido, é preciso oferecer aos alunos materiais didáticos mais diversificados e dedicados a temas específicos, com exemplos de fácil entendimento. Acredita-se também que maior carga horária e mais aulas presenciais podem sanar algumas das dificuldades iniciais dos alunos e ajudá-los a permanecer até o fim do semestre.

Também é preciso maior trabalho com os alunos no planejamento do Projeto Pedagógico, para que eles possam discutir as habilidades que poderiam ser alcançadas, e a maneira de desenvolvê-las. Seria importante levar os licenciandos a pensar em um tema ou conteúdo e desenvolver, eles mesmos, modelos, materiais didáticos e textos escritos para alunos da Educação Básica.

O ajuste da proposta final, mesclando conceitos teóricos da Dinâmica de Sistemas e a construção prática de modelos em DynaLearn, pode favorecer ainda mais o processo de ensino-aprendizagem posposto na disciplina. De acordo com essa proposta, apresentada no Apêndice D desta Dissertação, a disciplina “*Introdução à Dinâmica de Sistemas*” é dividida em cinco Unidades, intercalando Roteiros de Estudos com a apresentação da Dinâmica de Sistemas de modo que possa embasar a construção de modelos, e Roteiros de Modelagem, nos quais os conceitos teóricos possam ser aplicados em exercícios voltados para a construção de modelos no programa DynaLearn de forma mais consistente. Desse modo, teorias sobre Dinâmica de Sistemas e prática de modelagem qualitativa são desenvolvidas juntas em cada Unidade.

A proposta final da disciplina incorpora as seguintes alterações:

- 1 – aumentar a carga horária da disciplina, de 30 para 60 horas-aula (ou 4 créditos);
- 2 – conjugar estudos de conceitos teóricos e atividades práticas de modelagem em todas as Unidades temáticas. Desse modo, os licenciandos começarão a construir modelos desde o início do curso, mas em ritmo mais lento, que permita a reflexão e reformulação em cada etapa do desenvolvimento da disciplina;
- 3 – incluir, em cada etapa das Unidades Temáticas, um Roteiro de Estudos (sobre aspectos teóricos, nos moldes das ofertas da disciplina em 2013) e um Roteiro de Modelagem (que substitui e amplia o conceito de Exercícios Complementares adotados em 2013);
- 4 – ampliar a carga de atividades destinadas ao desenvolvimento de competências e habilidades associadas ao pensamento sistêmico, e assegurar que essa perspectiva seja levada também para as atividades que os licenciandos prepararem para aplicações na Educação Básica;
- 5 – reformular os materiais didáticos de acordo com os seguintes critérios:
  - (a) fazer uma revisão e ampliar a quantidade de videoaulas, de modo a oferecer lições ainda mais claras e detalhadas sobre a dinâmica de sistemas e o pensamento sistêmico, oferecendo suporte para os Roteiros de Estudo, exercícios e outras atividades;
  - (b) ampliar a oferta de vídeos tutoriais com o objetivo de oferecer apoio para o uso de DynaLearn, que expliquem, de maneira clara, os detalhes da modelagem em cada um dos *Learning Spaces* fundamentais (LS1-LS4), e para explorar funcionalidades de *DynaLearn* que não foram abordadas em 2013, em particular a modelagem nos *Learning Spaces* LS5 (que implementa conhecimentos condicionais) e LS6 (que implementa a modelagem composicional, a partir da combinação de unidades conhecidas por fragmentos de modelo reutilizáveis para compor modelos de simulação);
  - (c) ampliar o estoque de *imagens* para acompanhar e detalhar os trabalhos desenvolvidos no âmbito dos Roteiros de Estudos e de Modelagem;
  - (d) ampliar as atividades de estudos de modelos prontos, acompanhados de textos selecionados pelo professor, de forma a contextualizar os fenômenos estudados e favorecer o desenvolvimento do pensamento sistêmico;
- 6 – dar maior atenção para a preparação dos Projetos Pedagógicos, se possível com a aplicação dos mesmos na forma de minicursos de 4 a 8h de duração, a serem realizados em escolas de Ensino Médio da rede pública de ensino;
- 7 – ampliar e fortalecer as atividades de tutoria, para oferecer mais horários de atendimento, e utilizar plenamente os recursos disponíveis para interação com e entre alunos,

tais como o chat e os fóruns; incluir apoio aos alunos em atividades de exploração de modelos e de modelagem por meio de atendimento específico e incluir aulas de modelagem nos encontros presenciais;

8 – articular com a coordenação de curso para que a disciplina seja oferecida para alunos nas etapas iniciais do curso de Licenciatura;

9 – estimular o desenvolvimento de atividades interdisciplinares, implementadas por meio de Projetos Pedagógicos, de modo a estimular a colaboração entre licenciandos e professores de diferentes cursos de Licenciatura.

Os detalhes sobre a disciplina *Introdução à Dinâmica de Sistemas* são apresentados no Guia da Disciplina, que consta da Proposta da Disciplina apresentada no Apêndice D.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desse trabalho é apresentar proposta de disciplina, *Introdução à Dinâmica de Sistemas*, para ser incorporada ao currículo do curso de Licenciatura de Biologia a Distância, a partir da pesquisa feita no âmbito desta Dissertação.

Duas ofertas de disciplina foram possíveis no ano de 2013 e serviram de estudo de caso, para que se pudesse demonstrar que a disciplina a distância *Introdução à Dinâmica de Sistemas* é viável e desejável.

O uso de modelos qualitativos, construídos com técnicas desenvolvidas na área conhecida por Raciocínio Qualitativo e implantados no *software* DynaLearn, mostrou ser uma boa opção. Sem usar dados numéricos, demonstrou-se que a modelagem qualitativa abre a possibilidade de uma Dinâmica Qualitativa de Sistemas capaz de capturar a essência da abordagem tradicional, e a possibilidade de que venha a ser ensinada a distância.

Segundo Schlemmer *et al.* (2010), não é possível olhar a EaD com as lentes “fixas”, e ignorar desafios de ordem pedagógica, tecnológica e social presentes nesse contexto. Sabe-se que os desafios da educação a distância são barreiras a serem vencidas em qualquer disciplina, principalmente naquelas que requerem aulas práticas.

Assim, no caso em discussão, mesmo utilizando-se de muitos meios disponíveis para superar a distância, a maioria dos alunos achou que a distância dificultou a compreensão e a formulação dos modelos. Com efeito, o uso de modelos tem peculiaridades que tornam a educação a distância ainda mais desafiadora. A linguagem de modelagem e a prática da construção de modelos são componentes essenciais, e as habilidades necessárias para empreender tarefas de modelagem exigem certas características específicas, tais como a capacidade de reconhecer os aspectos centrais e os periféricos do assunto e então selecionar apenas o essencial.

Além disso, é preciso desenvolver a capacidade de abstração, e de transpor ideias muitas vezes vagas para uma linguagem formal, fatores que dependem muito das características pessoais de cada aluno. Esses aspectos tornam modelagem uma atividade bem diferente de outras atividades práticas em Biologia, cujos resultados se repetem se forem seguidos procedimentos determinados (por exemplo, a realização de experimentos que envolvem reações químicas, ou a preparação e a observação de material biológico), e colocam desafios relativamente novos para o ensino de biologia a distância.

Os alunos matriculados que efetivamente seguiram a disciplina foram expostos a materiais didáticos muito diversificados e, terminado o curso, foram inquiridos por meio de

questionários e entrevistas. Seus depoimentos são muito encorajadores. Apontaram as dificuldades encontradas para aprender os conceitos fundamentais da Dinâmica de Sistemas e modelagem qualitativa a distância. Porém, reconheceram as qualidades da atividade de modelagem para ampliar o rol de ferramentas a disposição do aluno e do professor; o valor do pensamento sistêmico; e o potencial da disciplina para a formação de professores preparados para atuar de maneira interdisciplinar.

As sugestões apresentadas por esses alunos, no sentido de que a disciplina seja oferecida mais cedo, no início do curso, tenha maior carga horária e que também passe a ser oferecida para outras Licenciaturas, têm um grande alcance. Trazem, porém, limitações que dependem essencialmente das instituições que oferecem as Licenciaturas. O trabalho iniciado nesta Dissertação está sendo continuado, no sentido de aprimorar os materiais didáticos produzidos e as estratégias de comunicação com os alunos via plataforma *MOODLE*, tais como os fóruns e chats, e outras, como videoaulas e tutoriais.

A disciplina aqui proposta fortalece a troca enriquecedora entre teoria e prática, a busca por situações contextualizadas para formular o currículo, as atividades que envolvem modelos qualitativos, e a liberdade para os licenciandos assumirem o protagonismo de seu próprio aprendizado.

Conhecer a EaD e suas particularidades propicia o entendimento cada vez maior das possibilidades e dificuldades dessa modalidade de ensino. As experiências adquiridas neste trabalho mostram alguns desafios a serem vencidos e identificados pelos alunos das duas ofertas da disciplina: a falta de tempo para estudo, o pouco conhecimento na área de informática e cada vez mais a necessidade de se buscar formas de “estar junto” (Valente, 2010), apesar da distância.

As perspectivas abertas pelo processo de criação da disciplina *Introdução à Dinâmica de Sistemas* e a organização das vivências adquiridas nas duas ofertas em 2013 sugerem que, ao oferecer essa disciplina os alunos das licenciaturas, em especial a Licenciatura em Biologia a Distância, a Universidade Aberta do Brasil e a Universidade de Brasília podem repensar suas formas de abordar os assuntos em sala de aula e reinventar o tempo e o espaço nas escolas, para que todos tenham oportunidades de uma educação de qualidade e rica em significados para a vida de cada estudante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. J.; ALMEIDA, M. E. B. **Educação a distância em meio digital: novos espaços e outros tempos de aprender, ensinar e avaliar.** Virtual Educa, Miami, USA, 2003.
- ALMEIDA, M. E. B. de. Currículo, avaliação e acompanhamento na educação a distância. In: MILL, D. R. S.; PIMENTEL, N. M. (Orgs.). **Educação a distância: desafios contemporâneos.** São Carlos: EdUFSCar, 2010, p. 89-104.
- ARAÚJO, S. C. S *et al.* Raciocínio qualitativo como ferramenta de aprendizado – experiência adquirida ao modelar. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande do Sul, p. 1-19, v. 15, jul. a dez. 2005.
- BAKER, J. W.; ALLEN, G. E. **O estudo da biologia**, [S. l.], Editora Edgard, v.1, p. 189-192, 1975.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Portugal: Edições 70, 1979.
- BEEK, W.; BREDEWEG, B. **Diagnosis and assessment.** DynaLearn, EC FP7 STREP project 231526, Deliverable D3.4, 2011. Disponível em: <<http://hcs.science.uva.nl/projects/DynaLearn/publications-2/>>. Acesso em: mar. 2013
- BELLONI, M. L. **Educação a distância.** 5. ed. 1. reimp., Campinas, SP: Autores Associados, 2009. (Coleção Educação Contemporânea).
- \_\_\_\_\_. Mídia-educação e Educação a Distância na formação de professores. In: MILL, D. R. S.; PIMENTEL, N. M. (Orgs.). **Educação a distância: desafios contemporâneos.** São Carlos: EdUFSCar, p.245-266, 2010.
- BESSA, M. *et al.* **Towards suport in building qualitative knowledge models.** Proceedings of the 19<sup>th</sup> Wokshop on Qualitative Reasoning QR-05. Graz University of Technology, Graz, Austria, 2005.
- BOSSSEL, H. **Ecological systems analysis: an introduction to modelling and simulation.** Kassel, Germany, German Foundation for International Development, DSE; Food and Agriculture Development Centre, ZEL, 1986.
- BREDEWEG, B. *et al.* DynaLearn – an intelligent learning environment for learning conceptual knowledge. **AI Magazine**, v. 34, n. 4, p. 46-65, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1609/aimag.v34i4.2489>>. Acesso em: mar. 2014.
- \_\_\_\_\_. *et al.* **Garp3** – A new workbench for qualitative reasoning and modelling. In: 20TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITATIVE REASONING (QR06), Proceedings of the 20th international workshop on qualitative reasoning (QR06), BAILEY-KELLOGG, C.; KUIPERS, B. (Eds.), p. 21-28, 2006.
- \_\_\_\_\_.; FORBUS, K. Qualitative modelling in education. **AI Magazine**, n. 24, p. 35-46, 2003.

- CAULFIELD, C. W.; Maj, S. P. **A case for systems thinking and system dynamics.** Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Tucson, AZ, p. 2793-2798, 2001.
- CHAVES FILHO, H. A UnB e a experiência com o Sistema Universidade Aberta do Brasil-UAB. In: FERNANDES, M. L. B. (Org.). **Trajetórias das licenciaturas da UnB - EaD em foco.** Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 2012. p. 63-67.
- CYSNEIROS, P. G. **Novas tecnologias na educação** – texto em construção. Recife: [s.n.], 1998. p. 205-08.
- DELIZOICOV, D. *et al.* **Ensino de ciências: fundamentos e métodos.** 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009. (Coleção docência em formação).
- DIAS, R. A.; LEITE, L.S. **Educação a distância: da legislação ao pedagógico.** 2. ed. Petropolis, RJ: Vozes, 2010.
- DOOLEY, L. M. Case study research and theory building. **Advances in Developing Human Resources**, n. 4, 2002. p. 335-354.
- FERREIRA, P.; JUSTI, R. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.
- FORBUS, K.D. Qualitative process theory. **Artificial Intelligence**, n. 24, 1984. p. 85-168.
- FORRESTER, J. **Learning through system dynamics as preparation for the 21st century.** paper, revised version 2009, available at. Disponível em: <[http://clexchange.org/ftp/documents/whyk12sd/Y\\_2009-2LearningThroughSD.pdf](http://clexchange.org/ftp/documents/whyk12sd/Y_2009-2LearningThroughSD.pdf)>. Acesso em: mar. 2014.
- \_\_\_\_\_. **System dynamics and K-12 teachers.** A lecture at the University of Virginia School of Education, USA, May 30, 1996. Paper available for download at Disponível em: <<http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/teachers.pdf>>. Acesso em: fev. 2013.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido.** 13. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- FREITAS, K. S de. **Um panorama geral sobre a história do ensino a distância,** 2005. Disponível em: <<http://www.proged.ufba.br/ead/EAD%2057-68.pdf>>. Acesso em: jun. 2013.
- FREITAS, M. T. de A. O ensinar e o aprender na sala de aula. **Cadernos para o Professor**, ano VI, n. 6, mai. Juiz de Fora, 1998.
- GAMBOA, S. (Org.). **Pesquisa educacional: quantidade-qualidade.** São Paulo: Cortez, 1997.
- GAUCHE, R. **Contribuição para uma análise psicológica do processo de constituição da autonomia do professor.** 2001. 213f. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- \_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 1999.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. **Stretching models too far. Annual Meeting of the American Educational Research Association.** Anais. San Francisco, 1995.

HASSEL, D. J.; WEBB, M. E. **Modus: the integrated modelling system.** Computers and Education, [S.l.], 1990. p. 265-270.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação.** Campinas: Papirus, 2007.

KONING, K. de; BREDEWEG, B. **Qualitative reasoning in tutoring interactions.** Interactive Learning Environments n.5, 65-80, 1998.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas.** Tradução Heloisa Monteiro e Francisco Settineri, Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: Editora UFMQ 1999. Reimpressão 2008.

LEVY, Pierre. **Cibercultura.** São Paulo: Ed. 34, 1999.

LIMA, A. O. **A formação de professores no contexto das novas tecnologias: uma análise sobre a capacitação de formadores do programa “Um Computador por Aluno – UCA”.** Teresina, 2010

LOPES, R. P.; FÜRKOTTER, M. **Tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) em cursos de formação inicial de professores de universidades públicas do Estado de São Paulo.** Anais da VI Conferência Internacional de TIC na Educação Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2009.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EDU, 1986.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003

MARTIN, L. A. **An introduction to feedback.** Paper available at, 1997. Disponível em: <<http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-selfstudy-fall-1998-spring-1999/readings/feedback.pdf>>. Acesso em: jun. 2013.

MILL, D. R. S. **Das inovações tecnológicas às inovações pedagógicas: considerações sobre o uso de tecnologias na Educação a Distância.** In: MILL, D. R. S., PIMENTEL, N. M. (Orgs.). **Educação a distância: desafios contemporâneos.** São Carlos: EdUFSCar, 2010, p.43-58.

MIODUSER, D. *et al.* **Final report on DynaLearn evaluation studies.** DynaLearn, EC FP7 STREP project 231526, Deliverable D7.4, 2012.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Discos CBS, 1985.

ORSINI, R.N.; SANTOS, A.C.K. **Descrição e resultados de uma proposta de educação ambiental baseada na dinâmica de sistemas e na disciplina Gestão pela qualidade total focada nos estudantes do Colégio Técnico Industrial da FURG- CTI/FURG.** **Ambiente e Educação,** v.16, n. 1, p. 113-136, 2011.

- PASSOS, V. F.; BARBOSA, T.R.C.G. **Produção de material didático**. CEAD, Coordenadoria de Educação Aberta e a Distância. Disponível em: <[https://www2.cead.ufv.br/cead/files/professor/producao\\_mat-didatico.pdf](https://www2.cead.ufv.br/cead/files/professor/producao_mat-didatico.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2014.
- PEREIRA, A. M. S.; MOURA, M. Z. S.. A produção discursiva nas salas de bate-papo: formas e características processuais. In: FREITAS, M. T. de A.; COSTA, S. R. (Orgs.). **Leitura e escrita de adolescentes na internet e na escola**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.
- PIMENTEL, N. M. Prefácio. In: FERNANDES, M. L. B. Org., **Educação a distância no ensino superior: interlocção, interação e reflexão sobre a UAB na UnB**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.
- RESENDE, M.M.P. **Avaliação do uso de modelos qualitativos como instrumento didático no ensino de ciências para estudantes surdos e ouvintes**. Brasília, 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 2010.
- RICHMOND, B. **Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond**. System Dynamics Review, 1993. p. 113-133.
- \_\_\_\_\_. *et al.* **An academic user's guide to Stella**. Lyme: High Performance System, Inc., 1987.
- SALLES, P.; BREDEWEG, B. Modelos conceituais baseados em raciocínio qualitativo. In: **Revista Tecnologia da Informação** (ISSN 1516-9197), 2005.
- \_\_\_\_\_. *et al.* **A qualitative model of the Daniel cell for chemical education**. In: 18<sup>th</sup> International Workshop on Qualitative Reasoning (QR2004), 2004, Evanston Illinois-EUA. In: Proceedings of the 18th international workshop on qualitative reasoning (QR2004), Evanston Illinois-EUA: Northwestern University, 2-4 ago. 2004.
- \_\_\_\_\_. **Deriving explanations from qualitative models**. Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems, B. du Bouley and R. Mizoguchi (Eds.), 1997. p. 474-481, IOS-Press/Ohmsha, Japan, Osaka.
- \_\_\_\_\_. **DynaLearn curriculum for environmental science**. Projeto DynaLearn, EC FP7 projeto STREP 231526, Deliverable D6.5, 2012.
- \_\_\_\_\_. The use of qualitative reasoning models of interactions between populations to support causal reasoning of deaf students. In: Looi, C.K; Mccalla, G.; Bredeweg, B.; Breuker, J. (Orgs.). **Artificial intelligence in education: supporting learning through intelligent and socially informed technology**. 1. ed. Amsterdam: IOS Press / Omasha, v.1, 2005, p. 579-586.
- SAMPAIO, M.N.; LEITE, L.S. **Alfabetização tecnológica do professor**, Petrópolis, RJ: Vozes, 1999.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho acadêmico**. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.
- TRIVINÕS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais – a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1992. p.18-110-141

VALENTE, J. A. **O computador na sociedade do conhecimento.** (Org.). Campinas, SP: Unicamp/NIED, 1999. 156p.

\_\_\_\_\_. O papel da interação e as diferentes abordagens pedagógicas de educação a distância. In: MILL, D. R. S.; PIMENTEL, N. M. (Orgs.). **Educação a distância: desafios contemporâneos.** São Carlos: EdUFSCar, 2010, p.25-41.

ZANOTTA, P. J. P *et al.* Curso de licenciatura em biologia a distância: breve história. In: FERNANDES, M. L. B. (Org.). **Trajetórias das licenciaturas da UnB - EaD em foco.** Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 2012. 241-257.

WELD, D.; KLEER, J. (Eds.). **Readings in qualitative reasoning about physical systems.** San Mateo-CA: Morgan Kaufmann, 1990.

WORSTER, D. **Nature's economy:** a history of ecological ideas. 2<sup>nd</sup>. edition. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1988.

YIN, R. **Estudo de caso.** Planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, v. 15, julho a dezembro de 2005.

## APÊNDICE A – Primeira Versão do Programa da Disciplina (1/2013)

### Plano de Trabalho Detalhado

#### Unidade 1 Conceitos fundamentais de sistemas dinâmicos

*Descrição e importância:* Conceitos e elementos básicos da linguagem utilizada para a representação da Dinâmica de Sistemas são essenciais para que diferentes tipos de sistemas biológicos possam ser descritos de maneira similar, enfatizando padrões comuns a eles.

1.1 Conceitos de sistema, processos e de sistemas dinâmicos.

1.1.1 Sistema: definição de objetos, relações estruturais, input, output, limites, ambiente externo. Exemplos.

1.1.2 Processos: mecanismos causadores de mudanças no sistema; condições para ativação e finalização de processos; propagação dos efeitos de processos sobre o sistema. Exemplos

1.1.3 Sistemas dinâmicos: definições de estado, transições entre estados, comportamento do sistema; noções de tempo contínuo e discreto. Histórias, eventos e episódios na Dinâmica de Sistemas. Exemplos

1.2 Variáveis de estado, taxas de variação e variáveis auxiliares.

1.2.1 Variáveis de estado: Definição de acúmulos e estoques. Exemplos

1.2.2 Taxas de variação: medidas de variação ao longo do tempo; interações entre taxas de variáveis de estado.

1.2.3 Variáveis auxiliares: propagação de efeitos de processos para variáveis auxiliares via variáveis de estado

1.2.4 Representação de conhecimentos: sistemas complexos e simplificação para fins educacionais

#### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 1.

1.3 Mecanismos de retroalimentação

1.3.1 Mecanismos de controle: a noção de retroalimentação. Exemplos

1.3.2 Retroalimentação reforçadora. Exemplos

1.3.3 Retroalimentação balanceadora. Exemplos

1.4 Competências e Habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico

*Descrição e importância:* O pensamento sistêmico depende de certas habilidades e competências cujo desenvolvimento pode ser estimulado pela escola. Identificar e buscar maneiras sistematizadas de promovê-las é parte central das atividades desta disciplina

1.4.1 Pensamento sobre a variação do sistema ao longo do tempo (dinâmica) em lugar da análise de eventos isolados

1.4.2 Pensamento sobre loops – sequências circulares de causas e efeitos responsáveis pelo comportamento dos sistemas biológicos

1.4.3 Pensamento genérico, capaz de identificar mecanismos que geram efeitos similares em diferentes sistemas.

1.4.4 Pensamentos sobre a estrutura do sistema que leva à compreensão de como as variáveis relevantes do sistema mudam ao longo do tempo;

1.4.5 Pensamento operacional, que significa buscar a compreensão de como funciona o sistema.

1.4.6 Pensamento sobre aspectos contínuos dos sistemas biológicos, identificando gradientes de comportamentos e características.

1.4.7 Pensamento científico, que envolve a formulação e teste de hipóteses.

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 2.

## **Unidade 2 Ferramentas para a representação de conhecimentos sobre sistemas biológicos.**

*Descrição e importância:* Existem ferramentas que permitem a representação organizada de conhecimentos, e dominá-las é essencial para o estudo de sistemas, pois permitem que conceitos, variáveis e aspectos dinâmicos de sistemas diversos sejam tratados, com clareza, de maneira similar.

### 2.1 Mapas conceituais

2.1.1 Conceitos e relações entre conceitos. Exemplos

2.1.2 Hierarquia de conceitos: generalização e especialização. Exemplos

2.1.3 Aplicações de mapas conceituais em ensino de biologia: planejamento educacional, desenvolvimento de atividades, avaliação.

2.1.4 Atividades práticas de construção de mapas conceituais (*DynaLearn*, LS1)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 3.

### 2.2 Diagramas de influência

2.2.1 Representação de influências positivas e negativas

2.2.2 Atividades práticas de construção de diagramas de influências (*DynaLearn*, LS2)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 4.

### 2.3 Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos

2.3.1 Introdução à modelagem de processos;

2.3.2 Atividades práticas de modelagem baseada em processos (*DynaLearn*, LS4)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 5.

## **Unidade 3 DynaLearn: uma ferramenta de modelagem qualitativa de sistemas dinâmicos**

*Descrição e importância:* DynaLearn é um software acadêmico, gratuito, disponível para download no sítio [www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu), no qual pode-se construir modelos de simulação de acordo com os princípios da Dinâmica de Sistemas, em vários níveis de complexidade. O uso desse software em pesquisa científica e em aplicações educacionais demonstra que DynaLearn é ferramenta capaz de oferecer muitas possibilidades para a representação de conhecimentos biológicos tanto para a formação de professores como para a educação científica em nível médio.

3.1 Apresentação da interface gráfica do software e das operações básicas necessárias para a construção e simulação de modelos qualitativos

3.1.1 Tela inicial: identificação de botões e janelas; operações de abrir, fechar e salvar arquivos.

3.1.2 Seis níveis de modelagem e respectivas telas: mapas conceituais; modelos causais básicos (diagramas de influências); modelos com causalidade diferenciada; modelos genéricos e reutilizáveis.

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 6.

3.2 Demonstrações das funcionalidades do software. Exemplos.

3.2.1 Noções básicas da linguagem de modelagem: entidades, quantidades, valores qualitativos de variáveis (magnitudes e derivadas), correspondências, influências diretas e proporcionalidades qualitativas.

3.2.2 Análise de padrões de modelos: processos únicos; processos com efeitos antagônicos; retroalimentação reforçadora; retroalimentação balanceadora.

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 7.

#### **Unidade 4 Estudo de modelos que implementam problemas complexos e suas aplicações em ensino de Biologia.**

*Descrição e importância:* A prática da análise de sistemas a partir de informações disponíveis em livros didáticos, jornais e outras mídias e a representação de conhecimentos sobre tais sistemas utilizando as ferramentas disponíveis é essencial para ampliar a capacidade de compreensão dos fenômenos pelos licenciandos e para a preparação de materiais didáticos a serem utilizados por alunos do ensino médio.

4.1 Análises de modelos preparados pelo professor ou por outros autores para identificação dos elementos de modelagem;

4.1.1 Construção de um modelo de simulação: árvore e sombra (*DynaLearn*, nível 4)

4.1.2 Construção de um modelo de simulação: dinâmica de populações (*DynaLearn*, nível 4)

*Materiais didáticos disponibilizados na plataforma*

- Roteiro de Estudos 8.

4.1.3 Exploração de modelo de simulação com retroalimentação (*DynaLearn*, nível 4)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 9.

4.2 Construções, pelos próprios licenciandos, de modelos qualitativos de simulação.

4.2.1 Modelo com um único processo

4.2.2 Modelo com um único processo; retroalimentação positiva e negativa.

4.2.3 Modelo com dois processos antagônicos

4.2.4 Modelo com dois processos antagônicos; retroalimentação positiva e negativa.

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 10.

**Unidade 5 Preparação de materiais didáticos baseados em modelos de sistemas dinâmicos para ensino de Biologia.**

*Descrição e importância:* O uso de modelos no ensino de biologia requer contextualização, orientação para uso adequado do material, e critérios de avaliação da eficácia e da eficiência do material em relação aos objetivos educacionais a serem atingidos. É, portanto, essencial que os licenciandos sejam capazes de preparar e apresentar materiais didáticos nos quais modelos de simulação possam ser explorados e contribuir para os resultados desejados.

5.1 Planejamento de materiais didáticos baseados em modelos

5.1.1 Identificação de competências e habilidades a serem atingidas;

5.1.2 Definição de objetivos educacionais a serem atingidos;

5.1.3 Definição de materiais e métodos a serem utilizados no trabalho;

5.1.4 Definição de critérios, materiais e métodos de avaliação de aprendizagem com base nos materiais produzidos.

5.2 Elaboração dos materiais didáticos de acordo com os elementos descritos em 5.1

5.2.1 Competências, habilidades, objetivos

5.2.2 Modelo(s) e simulações

5.2.3 Atividades de avaliação de aprendizagem baseada no material

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 11.

5.3 Avaliação dos materiais didáticos produzidos pelo licenciando

5.3.1 Avaliação do material produzido pelo licenciando por colegas licenciandos

5.3.2 Discussão dos materiais produzidos e das avaliações realizadas pelos licenciandos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos 12.

## APÊNDICE B – Segunda Versão do Programa da Disciplina (1/2013)

A seguir, é apresentada a segunda versão das Unidades e respectivos materiais didáticos, modificados na sexta semana da primeira oferta da disciplina e adotada até o final do semestre 1/2013.

### Plano de Trabalho Detalhado

#### Unidade 1 Conceitos fundamentais sobre sistemas dinâmicos.

- 1.1 Conceitos de sistema, processos e sistemas dinâmicos
- 1.2 Variáveis de estado, taxas de variação e variáveis auxiliares
- 1.3 Mecanismos de retroalimentação
- 1.4 Competências e Habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico

#### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE1: Conceitos de sistema, processos e sistemas dinâmicos; variáveis de estado, taxas e variáveis auxiliares;
- Exercícios complementares RE-1 (sem e com respostas);
- Imagens para ilustrar o RE-1 (arquivo ppt);
- Fórum avaliativo.
  
- Roteiro de Estudos RE2: mecanismos de retroalimentação; competências e habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico;
- Exercícios complementares RE-2 (sem e com respostas);
- Imagens para ilustrar o RE2 (arquivo ppt);
- Exercícios para avaliação.

#### Unidade 2 Ferramentas para a representação de conhecimentos sobre sistemas biológicos.

- 2.1 Mapas conceituais
- 2.2 Diagramas de influência
- 2.3 Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos

#### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE3: Modelos com mapas conceituais (*LS1*), e atividades práticas;
- Exercícios complementares RE3 (sem e com respostas);
- Exercícios de avaliação RE3;
- Tutorial para instalar o *DynaLearn*;
- Modelos em *DynaLearn LS1* (mapas conceituais);
- Exemplos de exercícios com mapas conceituais.
  
- Roteiro de Estudos RE4: Modelos de diagramas de influência (*LS2*);
- Exercícios complementares RE4 (sem e com respostas);
- Exercícios para avaliação RE4;
- Modelos em *DynaLearn LS2* (diagramas de influência).

### **Unidade 3 DynaLearn: uma ferramenta de modelagem qualitativa de sistemas dinâmicos**

3.1 Apresentações da interface gráfica do *software* e das operações básicas necessárias para a construção e simulação de modelos qualitativos

3.2 Demonstrações das funcionalidades do *software*. Exemplos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Vídeo: Aspectos gerais de DynaLearn;
- Vídeo: Como construir mapas conceituais em DynaLearn (LS1);
- Vídeo: Como construir diagramas de influência (LS2);
- Vídeo: Como construir diagramas de influência com grafo de estados (LS3);
- Vídeo: Como construir modelos com causalidade diferenciada (LS4).

### **Unidade 4 Estudo de modelos que implementam problemas complexos e suas aplicações em ensino de Biologia.**

4.1 Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos e preparação de materiais didáticos para ensino de Biologia: análise de modelos preparados pelo professor ou por outros autores para identificação dos elementos de modelagem

4.2 Construção, pelos próprios licenciandos, de modelos qualitativos de simulação

4.3 Planejamento, elaboração e avaliação de materiais didáticos baseados em modelos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE5: Modelos de diagramas de influência com grafo de estados (LS3);
- Exercícios complementares RE5 (sem e com respostas);
- Roteiro para a construção do modelo *Árvore e Sombra* (LS3).
  
- Roteiro de Estudos RE6: Modelos com causalidade diferenciada e com mecanismos de retroalimentação (LS4);
- Exercícios complementares RE6 (sem e com respostas);
- Roteiro para a construção do modelo *Árvore e Sombra* (LS4);
- Exercícios avaliativos (LS1, LS2, LS3 e LS4).
  
- Roteiro de Estudos RE7: Preparando materiais didáticos em *Dinâmica de Sistemas*;
- Exercícios complementares RE7 (produção de materiais didáticos baseados em modelos, explorando competências e habilidades);
- Roteiro para a elaboração de materiais didáticos em *Dinâmica de Sistemas* (segundo padrões utilizados na disciplina);
- Formulários para a elaboração de Planos de Aula e de Curso.

## APÊNDICE C – Terceira Versão do Programa da Disciplina (2/2013)

### Plano de Trabalho Detalhado

**Unidade 1** Instalação de DynaLearn: uma ferramenta de modelagem qualitativa de sistemas dinâmicos

*Descrição e importância:* DynaLearn é um software acadêmico, gratuito, disponível para *download* no sítio [www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu), no qual pode-se construir modelos de simulação de acordo com os princípios da dinâmica de sistemas, em vários níveis de complexidade. O uso desse *software* em pesquisa científica e em aplicações educacionais demonstra que DynaLearn é ferramenta capaz de oferecer muitas possibilidades para a representação de conhecimentos biológicos tanto para a formação de professores como para a educação científica em nível médio.

1.1 Instalação do software DynaLearn nos computadores dos alunos

1.1.1 Estudar o documento *Tutorial para instalar DynaLearn Light*

1.1.2 Baixar (do *MOODLE*) o *software* SWI-PROLOG e instalar no computador do aluno

1.1.3 Baixar (do *MOODLE*) o software DynaLearn versão Light e instalar no computador do aluno

1.2 Apresentação da interface gráfica do software e das operações básicas necessárias para a construção e simulação de modelos qualitativos

1.2.1 Tela inicial: identificação de botões

1.2.2 Construção de modelo simples; operações de abrir, fechar e salvar arquivos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Vídeo Aspectos gerais de DynaLearn;
- Tutorial para instalar DynaLearn vs Light;
- *Software* SWI-Prolog para instalar;
- *Software* DynaLearn para instalar.

**Unidade 2** Explorando DynaLearn: ferramentas para a representação de conhecimentos sobre sistemas biológicos.

*Descrição e importância:* Existem ferramentas que permitem a representação organizada de conhecimentos, e dominá-las é essencial para o estudo de sistemas, pois permitem que conceitos, variáveis e aspectos dinâmicos de sistemas diversos sejam tratados, com clareza, de maneira similar.

2.1 Mapas conceituais.

2.1.1 Conceitos e relações entre conceitos. Exemplos.

2.1.2 Hierarquia de conceitos: generalização e especialização. Exemplos.

2.1.3 Aplicações de mapas conceituais em ensino de biologia: planejamento educacional, desenvolvimento de atividades, avaliação.

2.1.4 Atividades práticas de construção de mapas conceituais (DynaLearn, nível *LSI*)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE 1: Modelos com mapas conceituais (LS1) e atividades práticas;
- Exercícios Complementares RE 1;
- Vídeo LS1;
- Exercícios avaliativos Unidade 2 – parte 1;
- Como fazer imagens no DynaLearn e transferir para documentos no Word.

2.2 Diagramas de influência

2.2.1 Noções básicas da linguagem de modelagem: representação de entidades, influências positivas e negativas.

2.2.2 Atividades práticas de construção de diagramas de influências (DynaLearn, nível LS2)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE 2: Modelos de diagramas de influência (LS2).
- Exercícios Complementares RE 2 e gabarito;
- Vídeo LS2;
- Exercícios avaliativos Unidade 2 – parte 2.

2.3 Diagramas de influência com grafo de estados

2.3.1 Noções básicas da linguagem de modelagem: representação de valores qualitativos: magnitude e derivada, estado, grafo de estados, diagrama de valores

2.3.2 Modelo Árvore e Sombra: Atividades práticas de construção de diagramas de influências com grafo de estados (DynaLearn, nível LS 3)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE 3: Modelos de diagramas de influência com grafo de estados (LS3);
- Exercícios Complementares RE 3;
- Vídeo LS3.

2.4 Modelos com representação diferenciada de causalidade

2.4.1 Introdução à modelagem de processos (DynaLearn, nível LS 4)

2.4.2 Construção de um modelo de simulação: árvore e sombra (DynaLearn, nível LS 4)

2.4.3 Modelo com um único processo; e com dois processos antagônicos.

2.4.4 Exploração de modelo de simulação com retroalimentação

2.4.5 Modelo com dois processos antagônicos; retroalimentação positiva e negativa

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE 4: Modelos com causalidade diferenciada e com mecanismos de retroalimentação (LS4);
- Exercícios Complementares RE 4;
- Vídeo LS4.

### **Unidade 3** Conceitos fundamentais de sistemas dinâmicos

*Descrição e importância:* Conceitos e elementos básicos da linguagem utilizada para a representação da dinâmica de sistemas são essenciais para que diferentes tipos de sistemas biológicos possam ser descritos de maneira similar, enfatizando padrões comuns a eles.

#### 3.1 Conceitos de sistema, processos e de sistemas dinâmicos.

3.1.1 Sistema: definição de objetos, relações estruturais, input, output, limites, ambiente externo.

3.1.2 Processos: mecanismos causadores de mudanças no sistema; condições para ativação e finalização de processos; propagação dos efeitos de processos sobre o sistema. Exemplos

3.1.3 Sistemas dinâmicos: definições de estado, transições entre estados, comportamento do sistema; noções de tempo contínuo e discreto. Histórias, eventos e episódios na dinâmica de sistemas.

#### 3.2 Variáveis de estado, taxas de variação e variáveis auxiliares.

3.2.1 Variáveis de estado: Definição de acúmulos e estoques. Exemplos

3.2.2 Taxas de variação: medidas de variação ao longo do tempo; interações entre taxas de variáveis de estado.

3.2.3 Variáveis auxiliares: propagação de efeitos de processos para variáveis auxiliares via variáveis de estado

3.2.4 Representação de conhecimentos: sistemas complexos e simplificação para fins educacionais

#### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE 5: Conceitos de sistema, processos e sistemas dinâmicos; variáveis de estado, taxas e variáveis auxiliares;
- Imagens para ilustrar RE 5;
- Exercícios Complementares RE 5 e gabarito.

#### 3.3 Mecanismos de retroalimentação

3.3.1 Mecanismos de controle: a noção de retroalimentação. Exemplos

3.3.2 Retroalimentação reforçadora. Exemplos

3.3.3 Retroalimentação balanceadora. Exemplos

#### 3.4 Competências e Habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico

*Descrição e importância:* O pensamento sistêmico depende de certas habilidades e competências cujo desenvolvimento pode ser estimulado pela escola. Identificar e buscar maneiras sistematizadas de promovê-las é parte central das atividades desta disciplina.

3.4.1 Pensamento sobre a variação do sistema ao longo do tempo (dinâmica) em lugar da análise de eventos isolados

3.4.2 Pensamento sobre *loops* – sequências circulares de causas e efeitos responsáveis pelo comportamento dos sistemas biológicos

3.4.3 Pensamento genérico, capaz de identificar mecanismos que geram efeitos similares em diferentes sistemas.

3.4.4 Pensamento sobre a estrutura do sistema, que leva à compreensão de como as variáveis relevantes do sistema mudam ao longo do tempo

3.4.5 Pensamento operacional, que significa buscar a compreensão de como funciona o sistema.

3.4.6 Pensamento sobre aspectos contínuos dos sistemas biológicos, identificando gradientes de comportamentos e características.

3.4.7 Pensamento científico, que envolve a formulação e teste de hipóteses.

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE 6: Mecanismos de retroalimentação; competências e habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico;
- Imagens para ilustrar RE 6;
- Exercícios Complementares RE 6: Mecanismos de retroalimentação; competências e habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico;
- Exercícios avaliativos Unidade 3.

**Unidade 4** Preparação de materiais didáticos baseados em modelos de sistemas dinâmicos para ensino de Biologia.

*Descrição e importância:* O uso de modelos no ensino de biologia requer contextualização, orientação para uso adequado do material, e critérios de avaliação da eficácia e da eficiência do material em relação aos objetivos educacionais a serem atingidos. É, portanto, essencial que os licenciandos sejam capazes de preparar e apresentar materiais didáticos nos quais modelos de simulação possam ser explorados e contribuir para os resultados desejados.

4.1 Planejamento de materiais didáticos baseados em modelos

4.1.1 Identificação de competências e habilidades a serem atingidas

4.1.2 Definição de objetivos educacionais a serem atingidos

4.1.3 Definição de materiais e métodos a serem utilizados no trabalho

4.1.4 Definição de critérios, materiais e métodos de avaliação de aprendizagem com base nos materiais produzidos

4.2 Elaboração dos materiais didáticos baseados em modelos

4.2.1 Competências, habilidades, objetivos

4.2.2 Modelo(s) e simulações

4.2.3 Atividades de avaliação de aprendizagem baseada em modelos

4.3 Avaliação dos materiais didáticos produzidos pelo licenciando

4.3.1 Avaliação do material produzido pelo licenciando por colegas licenciandos

4.3.2 Discussão dos materiais produzidos e das avaliações realizadas pelos licenciandos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE 7: Preparando materiais didáticos em Dinâmica de Sistemas;
- Exercícios complementares RE-7 (produção de materiais didáticos baseados em modelos, explorando competências e habilidades);
- Três modelos para material didático = erosão, desmatamento, e *bloom* de algas;
- Roteiro para a elaboração de materiais didáticos em Dinâmica de Sistemas (segundo padrões utilizados na disciplina);

- Formulários para a elaboração de Planos de aula e curso (em branco);
- Planejamento para modelagem de competências e habilidades.

## APÊNDICE D – Guia da Disciplina – Versão Final da Proposta

Universidade de Brasília (UnB)/Universidade Aberta do Brasil (UAB)

**GUIA DA DISCIPLINA:**

**TÓPICOS EM ENSINO DE BIOLOGIA: INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS**

Curso: Licenciatura em Biologia a Distância – CLBaD

### **Sumário**

1. Apresentação/Identificação da Disciplina
2. Ojetivos da disciplina
3. Conteúdos da Disciplina
4. Metodologia
5. Atividades de avaliação
6. Conteúdos e material didático associado
7. Bibliografia Básica e Complementar
8. Cronograma de atividades

### **1. APRESENTAÇÃO**

A disciplina “*Introdução à Dinâmica de Sistemas*” tem como objetivo principal apresentar temas de Biologia a partir de uma abordagem sistêmica, explorando aspectos da Dinâmica de Sistemas biológicos.

Entre os conceitos a serem trabalhados, estão a noção de processo e sua representação em sistemas cuja dinâmica possa ser descrita em termos de estados, variáveis de estado, taxas de variação e mecanismos de retroalimentação, de modo a permitir que sejam feitas previsões sobre o futuro e geradas explicações sobre o comportamento exibido pelo sistema.

De posse desses conceitos fundamentais sobre sistemas, o aprendizado de Biologia pode focar padrões de comportamento que se repetem pela ação de processos, e controlados, entre outros fatores, por mecanismos de retroalimentação reforçadores ou balanceadores. A identificação desses padrões em textos encontrados em livros didáticos, revistas científicas, jornais e outras fontes favorece a formação e o desenvolvimento e à aplicação do pensamento sistêmico em matérias curriculares e em fenômenos do cotidiano.

Temas de Ciências Ambientais serão utilizados para ilustrar conceitos relativos à Dinâmica de Sistemas e como propostas para estudos interdisciplinares.

#### **1.1 Identificação da disciplina:**

Curso Licenciatura em Biologia a Distância (CLBaD)

*Disciplina:* “Introdução à Dinâmica de Sistemas”

*Ementa:* Dinâmica de sistemas: conceitos fundamentais. Desenvolvimento do pensamento sistêmico. O uso de modelos de simulação para a representação da dinâmica de sistemas biológicos. Aplicações ao ensino de Biologia e de temas interdisciplinares. Desenvolvimento de projeto didático-pedagógico destinado a alunos da Educação Básica.

*Créditos:* 4 (quatro)

*Carga horária:* 60 horas

## **2. OBJETIVOS DA DISCIPLINA**

A disciplina visa dar elementos para que o licenciando elabore materiais didático - pedagógicos adequados para alunos da Educação Básica, que explorem a solução de problemas e promovam o desenvolvimento de competências e habilidades de maneira contextualizada.

Os objetivos a serem atingidos são os seguintes:

- a) Apresentar conceitos básicos sobre a dinâmica de sistemas biológicos e suas aplicações ao ensino de Biologia;
- b) Desenvolver a capacidade de construir materiais didático-pedagógicos baseados na abordagem sistêmica de temas das ciências biológicas;
- c) Contribuir para o desenvolvimento do pensamento sistêmico na análise e a compreensão de sistemas biológicos e de fenômenos do cotidiano.

## **3. CONTEÚDOS DA DISCIPLINA**

**Unidade 1** *DynaLearn*: uma ferramenta de modelagem qualitativa de sistemas dinâmicos

*Descrição e importância:* *DynaLearn* é um software acadêmico, gratuito, disponível para download no sítio [www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu), no qual pode-se construir modelos de simulação de acordo com os princípios da dinâmica de sistemas, em vários níveis de complexidade. O uso desse software em pesquisa científica e em aplicações educacionais demonstra que *DynaLearn* é ferramenta capaz de oferecer muitas possibilidades para a representação de conhecimentos biológicos tanto para a formação de professores como para a educação científica em nível médio.

1.1 Apresentação da interface gráfica do software e das operações básicas necessárias para a construção e simulação de modelos qualitativos.

1.2 Demonstração das funcionalidades do software. Exemplos.

**Unidade 2** Conceitos fundamentais de sistemas dinâmicos

*Descrição e importância:* Conceitos e elementos básicos da linguagem utilizada para a representação da dinâmica de sistemas são essenciais para que diferentes tipos de sistemas biológicos possam ser descritos de maneira similar, enfatizando padrões comuns a eles.

2.1.1 Conceitos de sistema, processos e sistemas dinâmicos.

2.1.2 Modelagem: Mapas conceituais (LS1)

- 2.2.1 Causalidade
- 2.2.2 Diagramas de influência (LS2)
- 2.3.1 Comportamento de sistemas
- 2.3.2 Diagramas de influência com grafo de estados (LS3)

### **Unidade 3:** Dinâmica de Sistemas e mecanismos de controle

*Descrição e importância:* o estudo de sistemas dinâmicos requer a identificação de mecanismos que provocam mudanças no sistema (processos), e distingui-los da simples propagação dos efeitos dessas influências primárias para o resto do sistema. É necessária também a mensuração da quantidade de variação em cada período de tempo (taxas de variação). Desse modo, é possível controlar o comportamento do sistema por meio de influências oriundas do próprio sistema, que atinjam diretamente os mecanismos de mudança, aumentando ou reduzindo a quantidade de variação em cada período de tempo. Esta unidade oferece a opção de maior aprofundamento no uso das ferramentas de modelagem, para construir modelos que permitam estabelecer condições para que as mudanças comecem ou terminem.

- 3.1.1 Variáveis de estado, taxas de variação e variáveis auxiliares;
- 3.1.2 Processos e comportamento de sistemas
- 3.2.1 Mecanismos de retroalimentação;
- 3.2.2 Modelagem de mecanismos de retroalimentação
- (Opcional)
- 3.3.1 Conhecimentos condicionais e hierarquizados
- 3.3.2 Modelos genéricos e reutilizáveis (LS5 e LS6)
- 3.4.1 Competências e Habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico.
- 3.4.2 Modelagem com o objetivo de desenvolver competências e habilidades.

**Unidade 4:** Estudo de modelos que implementam problemas complexos e suas aplicações em ensino de Biologia

*Descrição e importância:* A prática da análise de sistemas a partir de informações disponíveis em livros didáticos, jornais e outras mídias e a representação de conhecimentos sobre tais sistemas utilizando as ferramentas disponíveis é essencial para ampliar a capacidade de compreensão dos fenômenos pelos licenciandos e para a preparação de materiais didáticos a serem utilizados por alunos do ensino médio.

- 4.1.1 Estudos de caso sobre sistemas biológicos
- 4.1.2 Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos
- 4.2.1 Estudos de caso sobre sistemas em geral
- 4.2.2 Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos

**Unidade 5:** Preparação de materiais didáticos baseados em modelos de sistemas dinâmicos para ensino de Biologia

*Descrição e importância:* O uso de modelos no ensino de biologia requer contextualização, orientação para uso adequado do material, e critérios de avaliação da eficácia e da eficiência do material em relação aos objetivos educacionais a serem atingidos. É, portanto, essencial que os licenciandos sejam capazes de preparar e apresentar materiais didáticos nos quais modelos de simulação possam ser explorados e contribuir para os resultados desejados.

5.1 Planejamento de materiais didáticos baseados em modelos

5.2 Elaboração dos materiais didáticos de acordo com os elementos descritos em 5.1

5.3 Avaliação dos materiais didáticos produzidos pelo licenciando

#### **4. METODOLOGIA**

A disciplina organiza-se de acordo com a seguinte dinâmica:

(1) apresentação de conceitos, pela caracterização teórica dos mesmos e ilustração de seu papel no estudo da dinâmica de sistemas e na representação de sistemas biológicos;

(2) realização de atividades de modelagem sobre os conceitos abordados e/ou de outras ferramentas de representação de conhecimentos, a serem discutidos em grupo, em fóruns de debate, ou individualmente;

(3) estudo de livros didáticos, textos científicos, obras especializadas, revistas de divulgação científica, jornais diários, com o objetivo de contextualizar os estudos a serem feitos pelos licenciandos visando a elaboração de materiais didáticos;

(4) aferição do conhecimento, mediante testes, arguições, apresentações em painéis, elaboração de projeto didático-pedagógico voltado para a dinâmica de sistemas e para o pensamento sistêmico.

#### **5. ATIVIDADES DE AVALIAÇÃO**

A avaliação será feita por meio da realização de atividades de avaliação nos fóruns de discussão relacionadas aos temas abordados nas Unidades 2, 3 e 4; envio de atividades em arquivos, questionário utilizando os modelos para responder os fenômenos biológicos envolvidos, na construção de modelos representando a dinâmica dos sistemas estudados. Duas provas teórico-práticas, envolvendo conceitos e o uso de ferramentas para a modelagem de conhecimentos biológicos.

Ao final da disciplina, o aluno deverá apresentar um Projeto didático - pedagógico explorando tema a ser definido de comum acordo entre licenciando e professores. O Projeto será constituído de estudo de caso dedicado à análise de um sistema biológico, embasado por textos selecionados, modelos qualitativos e estudos complementares. Esses materiais deverão ser preparados pelos licenciandos na plataforma e por escrito ao tutor presencial.

Serão estimulados Projetos Pedagógicos interdisciplinares, em colaboração com colegas (professores e licenciandos) de outros cursos de Licenciatura. Será também solicitada análise crítica de Projeto preparado por algum outro colega licenciando, com proposta de revisão.

## 6. CONTEÚDOS E MATERIAIS DIDÁTICOS ASSOCIADOS

### Plano de Trabalho Detalhado

**Unidade 1** *DynaLearn*: uma ferramenta de modelagem qualitativa de sistemas dinâmicos

1.1 Apresentação da interface gráfica do software e das operações básicas necessárias para a construção e simulação de modelos qualitativos.

1.2 Demonstração das funcionalidades do software. Exemplos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- *Vídeo aula 'Apresentação da Disciplina';*
- *Vídeo: 'Aspectos gerais de DynaLearn';*
- *Tutorial para instalar o DynaLearn.*

**Unidade 2** Conceitos fundamentais de sistemas dinâmicos

2.1.1 Conceitos de sistema, processos e sistemas dinâmicos

2.1.2 Modelagem: Mapas conceituais (LS1)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE1: conceitos de sistema, processos e sistemas dinâmicos;
- Roteiro de Modelagem RM1: Modelagem com mapas conceituais;
- *Modelos com mapas conceituais (LS1), e atividades práticas;*
- *Imagens para ilustrar o RE-1 (arquivo ppt);*
- *Modelos em DynaLearn LS1 (mapas conceituais);*
- *Exemplos de exercícios com mapas conceituais;*
- *Vídeo: Como construir mapas conceituais em DynaLearn (LS1).*

2.2.1 Causalidade

2.2.2 Diagramas de influência (LS2)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE2: Causalidade / Diagrama de influências;
- Roteiro de Modelagem RM2: Modelagem com Diagramas de influência (LS2);
- *Modelos em DynaLearn LS2 (diagramas de influência);*
- *Vídeo: Como construir diagramas de influência (LS2).*

2.3.1 Comportamento de sistemas

2.3.2 Diagramas de influência com grafo de estados (LS3)

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE3: Comportamento de sistemas;
- Roteiro de Modelagem RM3: Modelagem com Diagramas de influência com grafo de estados (LS3);

- *Modelos em DynaLearn LS3 (diagramas de influência com grafo de estados);*
- *Vídeo: Como construir diagramas de influência com grafo de estados (LS3).*

### **Unidade 3:** Dinâmica de Sistemas e mecanismos de controle

#### 3.1.1 Variáveis de estado, taxas de variação e variáveis auxiliares

#### 3.1.2 Processos e comportamento de sistemas (LS4)

##### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE4: Variáveis de estado, taxas de variação e variáveis auxiliares;
- Roteiro de Modelagem RM4 Modelagem de Processos e comportamento de sistemas (LS4);
- *Vídeo: Como construir modelos com causalidade diferenciada (LS4).*

#### 3.2.1 Mecanismos de retroalimentação

#### 3.2.2 Modelagem de mecanismos de retroalimentação (LS4)

##### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE5: Mecanismos de Retroalimentação (LS4);
- Roteiro de Modelagem RM5 Modelagem de mecanismos de retroalimentação (LS4);
- *Modelos com causalidade diferenciada e com mecanismos de retroalimentação (LS4);*
- *Roteiro para a construção do modelo Árvore e Sombra (LS4);*
- *Vídeo: Como construir modelos com retroalimentação (LS4).*

#### 3.3.1 Competências e Habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico.

#### 3.3.2 Modelagem com o objetivo de desenvolver competências e habilidades.

##### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- *Exemplos de modelos explorando o pensamento sistêmico: a história da fotossíntese (Opcional)*

#### 3.4.1 Conhecimentos condicionais e hierarquizados

#### 3.4.2 Modelos genéricos e reutilizáveis (LS5 e LS6)

##### *Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE6: Conhecimentos condicionais e hierarquizados (LS5 e LS6);
- Roteiro de Modelagem RM6: Modelagem de conhecimentos condicionais, genéricos e reutilizáveis (LS5 e LS6);
- *Roteiro para a construção do modelo Árvore e Sombra (LS6);*
- *Vídeo: Como construir modelos com conhecimentos condicionais e hierarquizados (LS6).*

**Unidade 4** Estudo de modelos que implementam problemas complexos e suas aplicações em ensino de Biologia

## 4.1.1 Estudos de caso sobre sistemas biológicos

## 4.1.2 Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE7: Estudos de caso sobre sistemas biológicos (LS4 ou LS6);
- Roteiro de Modelagem RM7: Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos.

## 4.2.1 Estudos de caso sobre sistemas em geral

## 4.2.2 Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE8: Estudos de caso sobre sistemas em geral (LS4 ou LS6);
- Roteiro de Modelagem RM8: Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos.

**Unidade 5:** Preparação de materiais didáticos baseados em modelos de sistemas dinâmicos para ensino de Biologia

## 5.1 Planejamento de materiais didáticos baseados em modelos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE9: Planejando materiais didáticos em Dinâmica de Sistemas.

## 5.2 Elaboração dos materiais didáticos baseados em modelos

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Modelagem RM9: Produção de materiais didáticos baseados em modelos, explorando competências e habilidades;
- Roteiro para a elaboração de materiais didáticos em Dinâmica de Sistemas;
- *Formulários para a elaboração de Planos de Aula e de Curso.*

## 5.3 Avaliação dos materiais didáticos produzidos pelo licenciando

*Materiais didáticos disponibilizados para os alunos*

- Roteiro de Estudos RE10: Avaliação de materiais didáticos em produzidos por licenciandos.

## 7. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

Gotelli, N.J. (1995) *A Primer of Ecology*. Sunderland, MA, Sinauer Associates.

Grant, W.E. e Swavannack, T.M. (2008). *Ecological modeling: a common-sense approach to theory and practice*. Berkeley -Los Angeles, University of California Press.

Haefner, J.W. (2005) *Modeling Biological Systems: Principles and Applications*. 2nd. ed. New York, NY: Springer Science+Business Media, Inc.

Miller, Jr. G.T. (2011) *Ciência Ambiental*. São Paulo: CENGAGE Learning.

Odum, E.P. (1985) *Ecologia*. Rio de Janeiro: Discos CBS

Rezende, S.O (organiz.) (2003) *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações*. Barueri (SP): Editora Manole.

### **Bibliografia Complementar:**

Serão utilizados no curso trabalhos publicados em periódicos e relatórios técnicos de projetos científicos (NaturNet ([www.naturnet.org](http://www.naturnet.org)) e DynaLearn ([www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu))).

Além desses itens, materiais disponíveis no sítio do projeto DynaLearn, incluindo vídeos, textos e modelos, podem ser úteis para licenciandos aprenderem a modelar (<http://hcs.science.uva.nl/projects/DynaLearn/education/>).

## **8. CRONOGRAMA**

	<b>Período</b>	<b>Tema</b>	<b>Tópicos</b>	<b>Atividades</b>
Unidade 1: DynaLearn: uma ferramenta de modelagem qualitativa	Semana 1	Interface gráfica e funcionalidades do DynaLearn	1.1 e 1.2	Vídeos e tutorial sobre DynaLearn
Unidade 2: Conceitos fundamentais sobre Sistemas Dinâmicos	Semana 2	Conceitos fundamentais de Dinâmica de Sistemas; representação em mapas conceituais (LS1)	2.1.1 e 2.1.2	Roteiro de Estudos RE1: Conceitos de sistema, processos e sistemas dinâmicos; Roteiro de Modelagem RM1: Mapas conceituais (LS1) Imagens, modelos, exercícios, vídeo
	Semana 3	Causalidade; representação em diagramas de influências (LS2)	2.2.1 e 2.2.2	Roteiro de Estudos RE2: Causalidade ; Roteiro de Modelagem RM2: Diagramas de influência (LS2) Modelos, vídeo
	Semana 4	Comportamento do sistema; diagramas de influências com grafos de estados (LS3)	2.3.1 e 2.3.2	Roteiro de Estudos RE3: Comportamento de sistemas; Roteiro de Modelagem RM3: Modelagem com Diagramas de influência com grafo de estados (LS3); Modelos, vídeo
	Semana 5	Variáveis de estado, taxas e variáveis auxiliares; representação de processos (LS4)	3.1.1 e 3.1.2	Roteiro de Estudos RE4: Variáveis de estado, taxas de variação e variáveis auxiliares;

Unidade 3: Dinâmica de Sistemas e mecanismos de controle				Roteiro de Modelagem RM4 Modelagem de Processos e comportamento de sistemas (LS4);  Modelos, vídeo
	Semana 6	Mecanismos de retroalimentação; modelagem (LS4)	3.2.1 e 3.2.2	Roteiro de Estudos RE5: Mecanismos de Retroalimentação (LS4);  Roteiro de Modelagem RM5 Modelagem de mecanismos de retroalimentação (LS4);  Modelos, roteiro, vídeo
	Semana 7	Competências e habilidades ligadas ao pensamento sistêmico; Modelagem em LS4.	3.3.1 e 3.3.2	Modelos, exemplos de aplicação de pensamento sistêmico
		<u>Opcional:</u> conhecimentos condicionais, genéricos e reutilizáveis; modelagem em LS5 e LS6	3.4.1 e 3.4.2	Roteiro de Estudos RE6: Conhecimentos condicionais e hierarquizados (LS5 e LS6);  Roteiro de Modelagem RM6: Modelagem de conhecimentos condicionais, genéricos e reutilizáveis (LS5 e LS6);  Roteiro, vídeo
Unidade 4: Estudo de modelos e aplicações ao ensino de Biologia	Semana 8	Estudos de caso sobre sistemas biológicos; modelos qualitativos de simulação	4.1.1 e 4.1.2	Roteiro de Estudos RE7: Estudos de caso sobre sistemas biológicos (LS4 ou LS6);  Roteiro de Modelagem RM7: Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos.
	Semana 9	Estudos de caso sobre sistemas biológicos; modelos qualitativos de simulação	4.1.1 e 4.1.2	Roteiro de Estudos RE7: Estudos de caso sobre sistemas biológicos (LS4 ou LS6);  Roteiro de Modelagem RM7: Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos.
	Semana 10	Estudos de caso sobre sistemas em geral; análise de modelos de simulação	4.2.1 e 4.2.2	Roteiro de Estudos RE8: Estudos de caso sobre sistemas em geral (LS4 ou LS6);  Roteiro de Modelagem RM8: Modelos qualitativos de simulação de sistemas

				dinâmicos.
	Semana 11	Estudos de caso sobre sistemas em geral; análise de modelos de simulação	4.2.1 e 4.2.2	Roteiro de Estudos RE8: Estudos de caso sobre sistemas em geral (LS4 ou LS6);  Roteiro de Modelagem RM8: Modelos qualitativos de simulação de sistemas dinâmicos.
Unidade 5: Preparação de materiais didáticos baseados em modelos e sistemas dinâmicos	Semana 12	Planejamento de material didático baseado em modelos , explorando competências e habilidades	5.1	Roteiro de Estudos RE9: Planejando materiais didáticos em Dinâmica de Sistemas.  Roteiro, Planos de aula e de curso
	Semana 13	Elaboração de material didático baseados em modelos de simulação	5.2	Roteiro de Modelagem RM9: Produção de materiais didáticos baseados em modelos, explorando competências e habilidades;
	Semana 14	Avaliação de materiais didáticos produzidos pelos licenciandos	5.3	Roteiro de Estudos RE10: Avaliação de materiais didáticos baseados em modelos de simulação
FINAL	Semana 15	Avaliação final; Encerramento da disciplina.		

## APÊNDICE E – Questionário Aplicado aos Licenciandos

*Universidade de Brasília*

*Universidade Aberta do Brasil*

*Tópicos em Ensino de Biologia: Introdução à Dinâmica de Sistemas*

*Professores Paulo Sérgio Bretas de A. Salles e Alice Melo*

*Tutora: Rejane Caixeta G. Bastos*

### Questionário de atitudes/motivação

1	Qual é a sua opinião geral sobre o curso e a atividade de aprendizagem que tivemos juntos?	Muito ruim ( )	Ruim ( )	Neutro ( )	Bom ( )	Muito bom ( )
2	Qual é sua opinião geral sobre a modelagem que utilizou para desenvolver esta disciplina?	Muito difícil ( )	Difícil ( )	Neutro ( )	Fácil ( )	Muito fácil ( )
3	Como você avalia a experiência de trabalhar com o <i>software DynaLearn</i> ?	Muito chato ( )	Chato ( )	Neutro ( )	Interessante ( )	Muito interessante ( )
4	Como você avalia a sua compreensão de sistemas utilizando a modelagem ?	Muito confuso ( )	Confuso ( )	Neutro ( )	Entendível ( )	Fácil entendimento ( )
5	Como você avalia a importância de construir modelos específicos em diferentes níveis de complexidade no <i>DynaLearn</i> para o seu entendimento?	Pouquíssimo importante ( )	Pouco importante ( )	Neutro ( )	Importante ( )	Muito importante ( )
6	Qual nível de utilização você considera que mais contribuiu para sua compreensão dos conceitos representados no modelo?	Mapa conceitual	Modelo causal básico	Modelo de		

	(LS1) ( )	(LS 2) ( )	diferenciação causal (LS 4) ( )		
7	A modelagem com o <i>software</i> me permitiu compreender melhor a complexidade dos sistemas estudados.				
	Discordo totalmente ( )	Discordo ( )	Neutro ( )	Concordo ( )	Concordo totalmente ( )
8	A modelagem com o <i>software</i> abriu novas maneiras de pensar sobre o sistema.				
	Discordo totalmente ( )	Discordo ( )	Neutro ( )	Concordo ( )	Concordo totalmente ( )
9	O <i>software</i> e suas características me motivaram a tentar construir um modelo.				
	Discordo totalmente ( )	Discordo ( )	Neutro ( )	Concordo ( )	Concordo totalmente ( )
10	A utilização do <i>software</i> me proporciona uma maneira muito confortável de aprendizagem.				
	Discordo totalmente ( )	Discordo ( )	Neutro ( )	Concordo ( )	Concordo totalmente ( )
11	A modelagem me fez pensar sobre os sistemas de uma forma diferente				
	Discordo totalmente ( )	Discordo ( )	Neutro ( )	Concordo ( )	Concordo totalmente ( )
12	Achei interessante a abordagem da modelagem				
	Discordo totalmente ( )	Discordo ( )	Neutro ( )	Concordo ( )	Concordo totalmente ( )
13	A modelagem pode ser ensinada a num curso a distância?				
	Discordo	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo

	totalmente ( )	( )	( )	( )	totalmente ( )
14	Achei identificar e extrair as informações relevantes e essenciais do texto				
	Fácil /Difícil				
	Muito Fácil ( )	Fácil ( )	em partes ( )	Difícil ( )	Muito Difícil ( )
15	Percebi a tarefa de mapeamento de conceitos				
	Fácil /Difícil				
	Muito Fácil ( )	Fácil ( )	em partes ( )	Difícil ( )	Muito Difícil ( )
16	Descrever a estrutura do sistema em um modelo causal básico foi				
	Fácil /Difícil				
	Muito Fácil ( )	Fácil ( )	em partes ( )	Difícil ( )	Muito Difícil ( )
17	A diferenciação entre influências diretas e proporcionalidades foi para mim				
	Fácil /Difícil				
	Muito Fácil ( )	Fácil ( )	em partes ( )	Difícil ( )	Muito Difícil ( )
18	Como você avalia os materiais didáticos escritos				
	Muito confuso ( )	Confuso ( )	Neutro ( )	Entendível ( )	Fácil entendimento ( )
19	Os vídeos tutoriais, sobre o programa <i>Dynalearn</i> , permitiram a construção dos modelos de forma:				
	Fácil /Difícil				
	Muito Fácil ( )	Fácil ( )	em partes ( )	Difícil ( )	Muito Difícil ( )
20	A compreensão do pensamento sistêmico através dos modelos a distância foi:				
	Fácil /Difícil				
	Muito Fácil ( )	Fácil ( )	em partes ( )	Difícil ( )	Muito Difícil ( )



## **APÊNDICE F – Roteiro para as Entrevistas com os Licenciandos**

### **Roteiro para as entrevistas semiestruturadas**

- 1) Em sua opinião, quais os benefícios do uso de modelos qualitativos para o ensino de ciências?
- 2) Que importância tem o desenvolvimento do pensamento sistêmico para a sua formação acadêmica?
- 3) O trabalho com modelos ajudou você a pensar de modo sistêmico “sobre o mundo”?
- 4) A modelagem contribuiu para que você pensasse nos sistemas de uma forma diferente?
- 5) As simulações realizadas no programa de modelagem DynaLearn permitiram a você observar as diversas possibilidades de caminhos para o sistema?
- 6) Com os roteiros, exercícios e vídeos você entendeu como funcionam os mecanismos de retroalimentação?
- 7) Quais os pontos positivos e negativos de se trabalhar com modelos, em lugar de aulas tradicionais?
- 8) É possível promover a interdisciplinaridade com o uso dos modelos?
- 9) Como foi o trabalho de modelagem realizado a distância?
- 10) Ficou clara para você a relação entre a representação do conhecimento por meio de modelos qualitativos e o pensamento sistêmico?
- 11) Comente a importância dos seguintes materiais didáticos no aprendizado com modelos:
  - a) Roteiros de Estudo
  - b) Exercícios
  - c) Vídeos
  - d) Análise de modelos prontos
  - e) Tutoria
  - f) Chats