

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Luisa Mariele Strauss

UM MODELO EM DINÂMICA DE SISTEMAS PARA O ENSINO SUPERIOR

Orientador: Prof. Dr. Denis Borenstein

Porto Alegre

2010

-

Luisa Mariele Strauss

UM MODELO EM DINÂMICA DE SISTEMAS PARA O ENSINO SUPERIOR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Denis Borenstein

Porto Alegre

2010

Luisa Mariele Strauss

UM MODELO EM DINÂMICA DE SISTEMAS PARA O ENSINO SUPERIOR

Conceito final: APROVADO
Aprovado em: 24 de maio de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Luiz Becker - UFRGS

Prof. Dr. Max Roberto Protil - PUCPR

Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro - Unisinos

Orientador - Prof. Dr. Denis Borenstein - UFRGS

AGRADECIMENTOS

À toda minha família por seu apoio. Especialmente à minha filha, Carolina, e ao meu marido, Rodrigo, por entenderem os momentos em que eu precisei me afastar para realizar este trabalho.

Aos colegas da Unisinos, e em especial à Suzana, pelo incentivo e flexibilização dos horários de trabalho, que possibilitaram cursar o mestrado.

Aos professores do PPGA por suas contribuições, e em especial ao prof. Denis por sua orientação.

Aos colegas do mestrado pelas experiências compartilhadas.

RESUMO

O ensino superior no Brasil experimentou uma rápida expansão a partir da publicação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996 e da flexibilização do Governo para abertura de novos cursos e instituições de ensino, impulsionado principalmente pelo setor privado. Apesar desta expansão, o Brasil ainda não atingiu a meta prevista no Plano Nacional de Educação: 30% de jovens de 18 a 24 anos no ensino superior. Além disso, a procura por cursos de graduação apresenta sinais de retração, caracterizando um sistema com rápido crescimento inicial seguido de estagnação. O presente trabalho propõe compreender a dinâmica desse sistema por meio da construção de um modelo em Dinâmica de Sistemas, analisando o ensino superior de graduação. O modelo considera regulação, metas, demanda, oferta e, especialmente, o equilíbrio entre setores público e privado. A metodologia de trabalho consistiu nas etapas de definição do problema, formulação da hipótese dinâmica, construção do modelo de simulação, validação e experimentação. Esta etapa resultou em análise de cenários alternativos para o ensino superior de graduação brasileiro. Como resultado, o trabalho permite analisar o comportamento possível das principais variáveis em cada cenário e fazer especulações sobre variáveis não mensuradas no sistema real.

Palavras-chave: Dinâmica de sistemas. Modelagem. Ensino superior. LDB. PNE.

ABSTRACT

Higher education in Brazil has experienced a rapid expansion since the publication of the Directives and Bases Law (LDB) in 1996 and the pliability of the Government for the launching of new programs and educational institutions, mainly driven by the private sector. Despite this expansion, Brazil has not yet reached the aim expected in the Education National Plan: 30% of young people from 18 to 24 years old in higher education. Moreover, the demand for undergraduate programs presents signs of retraction, characterizing a system with fast initial growth followed by stagnation. This thesis proposes to understand the dynamics of this system by developing a model in System Dynamics, analyzing the undergraduate higher education. The model considers regulation, aims, demand, supply and especially the balance between public and private sectors. The methodology consists in the stages of problem definition, formulation of the dynamic hypothesis, development of the simulation model and in the validation and scenario testing. This step resulted in an analysis of alternative scenarios for the Brazilian undergraduate higher education. As a result, this thesis allows one to analyze the possible behavior of key variables in each scenario and to make observations on the variables that are not defined in the real system.

Keywords: System Dynamics. Modelling. Higher Education. LDB. PNE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de enlaces positivo e negativo.....	40
Figura 2 - Enlace duplo de aprendizado	41
Figura 3 - Diagrama de Estoque e Fluxo	42
Figura 4 - Estrutura de <i>feedback</i> de expectativas adaptáveis	45
Figura 5 - Atraso informacional de terceira ordem.....	45
Figura 6 - Notação do Diagrama de Enlace Causal.....	47
Figura 7 - Notação do Diagrama de Estoque e Fluxo.....	47
Figura 8 - Crescimento Exponencial: Estrutura	48
Figura 9 - <i>Goal seeking</i> : Estrutura	49
Figura 10 - Oscilação: Estrutura.....	49
Figura 11 - Crescimento em S: Estrutura.....	50
Figura 12 - Interface de equações do iThink® 9.1.2 <i>Student</i>	54
Figura 13 - Projeto de pesquisa	56
Figura 14 - Diagrama de Enlace Causal	59
Figura 15 - Demanda para o ensino superior	66
Figura 16 - Políticas para ensino superior	69
Figura 17 - Setor público presencial	71
Figura 18 - Setor privado presencial	72
Figura 19 - Setor público EaD	73
Figura 20 - Setor privado EaD.....	74
Figura 21 - Definição de preços setor privado	75
Figura 22 - Atratividade do setor público em relação ao privado.....	76
Figura 23 - Painel do simulador de voo gerencial.....	79
Figura 24 - Painel de saída	81
Figura 25 - Dimensões-chave para os cenários elaborados	90
Figura 26 - Cenários para o ensino superior.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução do número de IES no Brasil.....	23
Gráfico 2 - Evolução das matrículas no ensino superior	24
Gráfico 3 - Evolução dos ingressantes	25
Gráfico 4 - Evolução do número de concluintes	25
Gráfico 5 - Projeção da população jovem.....	28
Gráfico 6 - Resultado da análise de sensibilidade para Matriculados Pv.....	82
Gráfico 7 - Dados reais e simulados – candidatos setor público.....	84
Gráfico 8 - Dados reais e simulados – vagas setor público.....	84
Gráfico 9 - Dados reais e simulados – ingressantes setor público.....	85
Gráfico 10 - Dados reais e simulados – Matriculados setor público.....	85
Gráfico 11 - Dados reais e simulados – Concluintes setor público.....	86
Gráfico 12 - Dados reais e simulados – candidatos setor privado.....	87
Gráfico 13 - Dados reais e simulados – vagas setor privado	87
Gráfico 14 - Dados reais e simulados – ingressantes setor privado.....	88
Gráfico 15 - Dados reais e simulados – matriculados setor privado.....	88
Gráfico 16 - Dados reais e simulados – concluintes setor privado.....	89
Gráfico 17 - Cenário A - Número de matriculados no setor público	93
Gráfico 18 - Cenário A - Número de matriculados no setor privado.....	93
Gráfico 19 - Cenário A – Evolução dos concluintes do ensino médio	94
Gráfico 20 - Cenário A - demanda reprimida	94
Gráfico 21 - Cenário A - Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%).....	95
Gráfico 22 - Cenário A - Evolução da atratividade do setor público em relação ao privado	95
Gráfico 23 - Cenário A - Evolução do preço das mensalidades	96
Gráfico 24 - Cenário A - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor público	96
Gráfico 25 - Cenário A - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor privado.....	97
Gráfico 26 - Cenário B - Número de matriculados no setor público	98
Gráfico 27 - Cenário B - Número de matriculados no setor privado.....	99
Gráfico 28 - Cenário B - demanda reprimida	99
Gráfico 29 - Cenário B - Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%).....	100
Gráfico 30 - Cenário B - Evolução do preço das mensalidades	100
Gráfico 31 - Cenário B - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD.....	101
Gráfico 32 - Cenário B - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD.....	101
Gráfico 33 - Evolução do número de matriculados setor público – cenários A e B.....	102
Gráfico 34 - Evolução do número de matriculados setor privado – Cenários A e B.....	103
Gráfico 35 - Evolução da atratividade do setor público em relação ao privado – cenários A e B.....	103
Gráfico 36 - Evolução do preço médio da mensalidade no setor privado – cenários A e B.....	104
Gráfico 37 - Evolução da demanda reprimida – cenários A e B.....	104
Gráfico 38 - Evolução do atendimento à meta da população jovem – cenários A e B.....	105
Gráfico 39 - Evolução dos matriculados no EaD setor público – cenários A e B	105
Gráfico 40 - Evolução dos matriculados no EaD setor privado – cenários A e B.....	106
Gráfico 41 - Cenário C - Número de matriculados no setor público	107
Gráfico 42 - Cenário C - Número de matriculados no setor privado.....	107
Gráfico 43 - Cenário C - Concluintes ensino médio.....	108
Gráfico 44 - Cenário C - Demanda reprimida	108
Gráfico 45 - Cenário C - Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%).....	109
Gráfico 46 - Cenário C - Evolução da atratividade do setor público em relação ao privado	109
Gráfico 47 - Cenário C - Evolução do preço das mensalidades	110
Gráfico 48 - Cenário C - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor público.....	110
Gráfico 49 - Cenário C - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor privado	111
Gráfico 50 - Cenário D - Número de matriculados no setor público	112

Gráfico 51 - Cenário D - Número de matriculados no setor privado.....	112
Gráfico 52 - Cenário D - concluintes ensino médio.....	113
Gráfico 53 - Cenário D - Demanda reprimida	113
Gráfico 54 - Cenário D - Evolução do preço das mensalidades	114
Gráfico 55 - Cenário D – Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%)	114
Gráfico 56 - Cenário D - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor público.....	115
Gráfico 57 - Cenário D - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor privado	115
Gráfico 58 - Evolução dos alunos matriculados setor público presencial – cenários C e D.....	116
Gráfico 59 - Evolução dos alunos matriculados setor privado presencial – cenários C e D	116
Gráfico 60 - Evolução dos alunos matriculados setor público EaD – cenários C e D	117
Gráfico 61 - Evolução dos alunos matriculados setor privado EaD – cenários C e D.....	117
Gráfico 62 - Evolução do preço das mensalidades – cenários C e D.....	118
Gráfico 63 - Evolução do número de concluintes do ensino médio – cenários C e D.....	118
Gráfico 64 - Evolução do número de concluintes do ensino médio – cenários C e D.....	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pressupostos do modelo.....	63
Quadro 2 – Entradas do sistema.....	78
Quadro 3 – Variáveis de saída do modelo.....	80
Quadro 4 – Síntese dos resultados simulados	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DS – Dinâmica de Sistemas

CPC – Conceito Preliminar de Curso

EaD – Ensino a Distância

FIES – Programa de Financiamento Estudantil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IES – Instituição de Ensino Superior

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IPEA – Instituto de Pesquisa Aplicada

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

MEC – Ministério da Educação

ONU – Organização das Nações Unidas

PDE – Plano de Desenvolvimento da Educação

PIB – Produto Interno Bruto

PNE – Plano Nacional da Educação

ProUni – Programa Universidade para Todos

Reuni – Programa de Apoio e Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais

UAB – Universidade Aberta do Brasil

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA	17
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 Objetivo geral.....	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
2 CONTEXTO DA PESQUISA.....	19
2.1 ENSINO SUPERIOR	19
2.2 PERSPECTIVA HISTÓRICA DA REGULAMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO NO BRASIL	20
2.3 ENSINO SUPERIOR DE GRADUAÇÃO NO BRASIL.....	22
2.4 O PDE E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	26
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
3.1 PLANEJAMENTO E ESTRATÉGIA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR	29
3.2 COMPLEXIDADE DINÂMICA.....	33
3.3 MODELAGEM	35
3.4 DINÂMICA DE SISTEMAS.....	37
3.4.1 Feedback	40
3.4.2 Estoque e fluxo	41
3.4.3 Atrasos	43
3.4.4 Não-linearidade	45
3.4.5 Ferramentas de Dinâmica de Sistemas	46
3.4.6 Estrutura e Comportamento de Sistemas	48
3.5 SOFTWARES.....	50
4 METODOLOGIA.....	52
5 O MODELO.....	57
5.1 O PROCESSO DE MODELAGEM	57
5.2 DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL	58
5.3 DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO.....	62
5.3.1 Demanda para o Ensino Superior.....	64
5.3.2 Políticas para o Ensino Superior	67
5.3.3 Setor Público e Setor Privado.....	69
5.3.4 Definição Preços Setor Privado.....	74
5.3.5 Atratividade do setor público em relação ao Privado.....	75
5.4 MODELO COMPUTACIONAL DE SIMULAÇÃO	77
5.5 VALIDANDO O MODELO	81
6 ANÁLISE DE CENÁRIOS E DE POLÍTICAS	90
6.1 CENÁRIO A – MASSIFICAÇÃO PLANEJADA.....	92
6.1.1 Resultados para o Cenário A	92
6.2 CENÁRIO B – MASSIFICAÇÃO SEGMENTADA	97

6.2.1 Resultados Cenário B	98
6.3 COMPARAÇÃO CENÁRIOS A E B	102
6.4 CENÁRIO C – EXPANSÃO COM DESQUALIFICAÇÃO	106
6.4.1 Resultados Cenário C	107
6.5 CENÁRIO D – EXPANSÃO ORIENTADA PELO MERCADO	111
6.5.1 Resultados Cenário D	112
6.6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS CENÁRIOS C E D	115
6.7 SÍNTESE DOS CENÁRIOS	119
CONCLUSÕES.....	122
REFERÊNCIAS	127
ANEXO A – EQUAÇÕES	136
ANEXO B – VARIÁVEIS AJUSTADAS POR CENÁRIO	142

1 INTRODUÇÃO

A educação superior pode ser vista como um bem público, na medida em que toda sociedade beneficia-se cultural, econômica e socialmente ao manter uma educação superior de qualidade (MIZRAHI; MEHREZ, 2002). Dias Sobrinho e Brito (2008), Dalvi *et al.* (2005) e Porto e Régnier (2003) destacam que o acesso ao ensino é necessário para o crescimento econômico, é indicativo de justiça social e também uma aspiração de jovens que buscam ascensão social. Segundo Carneiro (1998), o acesso à educação de qualidade é um dos aspectos indispensáveis para garantir igualdade entre as pessoas. De fato, o acesso à educação é direito social garantido pela Constituição Brasileira (BRASIL, 1988).

No Brasil, a Educação pode ser provida tanto pelo poder público quanto pela iniciativa privada, conforme a Constituição Federal de 1988 e a Lei 9.394/1996, a chamada Lei de Diretrizes e Bases da Educação, LDB. Na década de 1970, o Estado buscou aumentar a eficiência da educação superior, e muitas facilidades foram oportunizadas para criação de instituições privadas (DIAS SOBRINHO; BRITO, 2008). Com o objetivo de ampliar o sistema e o acesso à educação superior, a partir de 1995 o governo flexibilizou ainda mais a legislação e as regras para abertura de novos cursos e instituições de ensino superior - IES (DIAS SOBRINHO; BRITO, 2008; DALVI *et al.*, 2005). A resposta foi o rápido crescimento do ensino superior como um todo, impulsionado principalmente pelo setor privado, conforme mostram os dados do Censo da Educação Superior, coletados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e apresentados ao longo desta dissertação. Segundo McCowan (2007), instituições privadas têm crescido em número e tamanho em todo mundo, e a América Latina tem mudado de um pequeno e elitizado sistema público para um sistema diversificado, em que o setor privado tem um importante papel, já que representa uma solução viável para a expansão. Tal visão é compartilhada por Schwartzman e Schwartzman (2002), para os quais a iniciativa privada deixou de ser vista como um “mal necessário”. Além da América Latina, em outros países, como Israel (MIZRAHI; MEHREZ, 2002; SHOHAM; PERRY, 2009),

Taiwan (KA-HO MOK, 2002) e Romênia (NICULESCU, 2006), a participação da iniciativa privada na educação é significativa e teve importante papel na expansão do setor.

A rápida expansão da iniciativa privada criou uma situação de concorrência entre as instituições, e a educação superior passou a ser vista também como um setor econômico, uma área de negócios (DALVI *et al.*, 2005; PORTO; RÉGNIER, 2003; SCHWARTZMAN; SCHWARTZMAN, 2002). Essa dualidade, educação como bem público e educação como área de negócios, é considerada nesse trabalho. Essa introdução apresenta o mote inicial da pesquisa, bem como a justificativa, a questão de pesquisa e os seus objetivos.

O capítulo 2 descreve o contexto da pesquisa, explorando características atuais e históricas do ensino superior no Brasil, enfatizando as mudanças de comportamento ocorridas após a publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1996, além de breves perspectivas para o futuro baseadas em projeções da população, em ações e políticas governamentais e em previsões de consultorias especializadas.

Já no terceiro capítulo, Referencial Teórico, é apresentada uma revisão sobre planejamento em instituições de ensino superior, com a finalidade de compreender técnicas e metodologias utilizadas, bem como problemas resolvidos. Também é abordado o tema *complexidade*, para em seguida conceituar *modelagem* e Dinâmica de Sistemas, que foi a abordagem adotada na pesquisa.

O capítulo 4 contém a metodologia utilizada, baseada em Sterman (2000). Após a apresentação da metodologia, o modelo que foi construído é descrito. É apresentado o processo de modelagem, e, em seguida, a descrição do modelo, por meio de duas ferramentas características de Dinâmica de Sistemas: o *diagrama de enlace causal* e os *diagramas de estoques e fluxos*. Permeando a apresentação do modelo, são apresentadas as coletas de dados realizadas e decisões de modelagem, além de pressupostos do modelo, entradas e saídas, e painel de controle, que permite mudanças nos parâmetros do modelo. Finalizando, são apresentados testes de sensibilidade e de aderência do modelo com dados reais ou modos de referência.

Os cenários considerados para análise do modelo, bem como os resultados das simulações, são apresentados e discutidos no quinto capítulo. Cada cenário é descrito, inclusive as mudanças nas variáveis de entrada.

O capítulo final apresenta as conclusões do estudo, discutindo as limitações do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

1.1 JUSTIFICATIVA

Em 2009, existiam 2.250 IES privadas e 244 públicas no Brasil (MEC, 2009b). As privadas comportavam em torno de 75% das matrículas. Essa expressiva participação fez com que o ensino superior privado fosse visto como um importante setor da economia brasileira (DALVI *et al.*, 2005; PORTO; RÉGNIER, 2003; SCHWARTZMAN; SCHWARTZMAN, 2002). Mizrahi e Mehrez (2002) consideram a educação superior como um *mercado* em que instituições vendem educação e estudantes a compram, embora ressaltem que com características únicas, já que a educação tem um importante papel social e econômico. Já Gumpert (2000) afirma que a ideia de educação superior como indústria está cada vez mais legitimada em função de mecanismos como gerenciamento acadêmico.

O rápido crescimento do setor deu-se também, além da oferta de novas vagas, tanto no setor público quanto no privado, e com preços mais acessíveis no setor privado, pela existência de uma demanda reprimida, de pessoas já inseridas no mercado de trabalho e que desejavam retornar aos estudos (DALVI *et al.*, 2005). O número de ingressantes e matriculados praticamente duplicou de 1999 a 2007 (INEP 1980:2008) após a aprovação da LDB de 1996. No entanto, essa demanda foi atendida rapidamente (DALVI *et al.*, 2005) e já se percebe uma retração do crescimento de ingressantes e matriculados.

Considerando o papel estratégico da educação superior em qualquer país, reforçado no Plano Nacional de Educação - PNE (BRASIL, 2001, p. 31) ao expressar que “nenhum país pode aspirar a ser desenvolvido e independente sem um forte sistema de educação superior”, torna-se relevante analisar cenários e perspectivas de futuro. O PNE estabeleceu como meta para educação superior em 2010 um atendimento de 30% dos jovens de 18 a 24 anos (considerada a idade ideal para graduação) no ensino superior. No entanto, apesar da expansão mencionada, em 2006 o Brasil chegou a 12,2% em 2006, menos da metade da meta prevista (UNESCO, 2008).

A análise do ensino superior e seus cenários deve considerar a rápida e mesmo desejada expansão ocorrida; o esgotamento da demanda e das condições de acesso ao ensino superior; a orientação do Estado e da legislação pertinente; e o alcance de metas estipuladas. Uma das características que está modificando o contexto do ensino superior brasileiro, segundo Porto e Régner (2005), é justamente a diversificação dos tipos e modalidades de cursos, em especial da modalidade a distância. Além disso, o perfil da população, que está se tornando mais velha, também está mudando.

Tanto Estado quanto dirigentes de IES, públicas ou privadas, precisam estar atentos a essas questões, uma vez que a educação é considerada alavancadora de justiça social e de desenvolvimento econômico. As seções a seguir apresentam a questão de pesquisa e os objetivos desse estudo.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Tendo em vista a importância do ensino superior para o país, as políticas e legislação vigentes e futuras, a coexistência de instituições públicas e privadas, o estabelecimento e controle de metas estipuladas e o atendimento à demanda, a questão norteadora da pesquisa pode ser resumida na seguinte indagação:

Como auxiliar gestores da área da Educação Superior no entendimento e compreensão da dinâmica dessa área, tendo em vista elementos políticos e de regulação, restrições de orçamento, diferentes curvas de oferta e demanda, oscilações no número de matrículas, diferentes níveis de qualidade, metas e condições socioeconômicas da população?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 **Objetivo geral**

Desenvolver um modelo em Dinâmica de Sistema que auxilie gestores da área da Educação Superior a entender e analisar a dinâmica do ensino superior de graduação brasileiro, através da análise de cenários e políticas.

1.3.2 **Objetivos específicos**

Analisar e entender o comportamento dinâmico do ensino superior de graduação no Brasil, especialmente políticas, regulação, demanda, oferta, qualidade, condições socioeconômicas da população e metas estabelecidas.

Desenvolver e validar um modelo de dinâmica de sistemas que incorpore os principais agentes e relações existentes.

Validar o potencial de uso do modelo por meio de análise de cenários.

2 CONTEXTO DA PESQUISA

A presente pesquisa previu a elaboração de um modelo em Dinâmica de Sistemas, que resultou em uma ferramenta de aprendizagem da dinâmica das variáveis envolvidas, possibilitando análise de cenários e de novas políticas educacionais e/ou novas situações macroeconômicas.

Para desenvolver o modelo, foi preciso entender o contexto em que a pesquisa está inserida. O objetivo deste capítulo é relatar esse contexto. Em primeiro lugar, é apresentada a concepção de ensino superior no Brasil. Na seção seguinte, desdobra-se a regulamentação com perspectiva histórica da educação. Na sequência, é o ensino de graduação que é analisado, com a sua evolução baseada em dados históricos disponíveis. Por fim, são apresentadas as ações previstas e em andamento do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), traçando, assim, um panorama do ensino superior de graduação no Brasil.

2.1 ENSINO SUPERIOR

A Constituição Brasileira, em seu art. 6º, garante a educação como *direito social* e, portanto, o acesso é para todos (BRASIL, 1988). No Brasil, apenas o ensino fundamental é obrigatório e gratuito (art. 4º, inciso I da LDB 1996) (BRASIL, 1996). No entanto, nem todos têm acesso a todos os níveis educacionais, especialmente o ensino superior, em particular aqueles de classes econômicas menos favorecidas (DIAS SOBRINHO; BRITO, 2008).

O acesso a todos os níveis de ensino é um dos fatores indispensáveis para a igualdade e o desenvolvimento econômico (DIAS SOBRINHO; BRITO, 2008; PORTO, RÉGNIER, 2003). O PNE estabelece que “nenhum país pode aspirar a ser

desenvolvido e independente sem um forte sistema de educação superior” (BRASIL, 2001, p. 31).

O Plano ainda salienta que houve uma pressão pelo aumento de vagas na educação superior, em função do crescimento do número de egressos do ensino médio, e que o setor privado teve um importante papel nessa questão. Porém ainda há necessidade de expansão das universidades públicas, devendo chegar a pelo menos 40% do total das matrículas. Em 2008, apenas 13,10% dos jovens de 18 a 24 anos estavam matriculados no ensino superior (IBGE, 2008), muito longe da meta de 30% estabelecida no PNE para 2010 (BRASIL, 2001).

A educação superior tem como finalidade o desenvolvimento pleno, preparo para exercício da cidadania e qualificação para o trabalho. Compreende os cursos sequenciais, os de graduação, os de pós-graduação e os de extensão, além das atividades de pesquisa e de cultura. O foco do presente trabalho está nos cursos de graduação.

2.2 PERSPECTIVA HISTÓRICA DA REGULAMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO NO BRASIL

A educação no Brasil teve sua concepção na Constituição Brasileira e nas Leis de Diretrizes e Bases da Educação (LDB). Segundo Carneiro (1998), foi a partir da Carta de Direitos da Organização das Nações Unidas (ONU), de 1948, que o país se deu conta de que o direito à educação era uma das condições fundamentais para que todos fossem, de fato, iguais perante a lei. Porém, somente na Constituição de 1988 a educação passou a ser direito social. A seguir, um resumo dessa trajetória (CARNEIRO, 1998):

- 1824: Acesso a colégios e universidades faz parte dos direitos civis e políticos, bem como gratuidade do ensino primário;

- 1934: A União Federal tem a tarefa exclusiva de fixar as Diretrizes e Bases da Educação Nacional; criação do Conselho Nacional de Educação e dos Conselhos Estaduais de Educação; ensino primário gratuito para todos, em escola pública;
- 1946: Compulsoriedade do ensino primário para todos e sua gratuidade nas escolas públicas; educação como responsabilidade compartilhada da família e da escola, podendo ter **oferta pública e privada** em todos os níveis; o Ministério da Educação e Cultura tem as atribuições do Poder Público Federal em matéria de educação;
- 1967: Fortalecimento do **ensino particular**; ampliação da obrigatoriedade do ensino primário de 7 para 14 anos;
- 1988: Educação como direito de todos e, portanto, universal, gratuita, democrática, comunitária e de elevado padrão de qualidade; universidades passam a gozar de autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, obedecendo ao princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.

Enquanto a Constituição estabelece os direitos e deveres dos cidadãos, a LDB estabelece mais especificamente as características do sistema educacional e as atribuições do Estado, complementada por um conjunto de Resoluções e Portarias. A primeira LDB foi a Lei 4.024/1961, a segunda foi a Lei 5.692/71 e por fim, a atual Lei 9.394/1996, que pela primeira vez tratou o ensino fundamental e superior em conjunto. A seguir, serão apresentadas as características do ensino superior de graduação brasileiro, com base na LDB de 1996 e em informações dos censos educacionais promovidos pelo Ministério da Educação (MEC), por meio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

2.3 ENSINO SUPERIOR DE GRADUAÇÃO NO BRASIL

A LDB de 1996, em seu art. 1º, estabelece que “a educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais.” No entanto, o § 1º esclarece que “Esta Lei disciplina a educação escolar, que se desenvolve, predominantemente, por meio do ensino, em instituições próprias.”

De acordo com a LDB (BRASIL, 1996), e tendo em vista os objetivos deste trabalho, podem-se enumerar as principais características do ensino no Brasil:

- Coexistência de instituições de ensino públicas e privadas (art. 3º, inciso V);
- O ensino é livre à iniciativa privada, desde que cumpra com a legislação e regulamentação pertinentes e tenha condições de sustentabilidade (art. 7º);
- Obrigatoriedade do ensino fundamental e progressiva extensão dessa obrigatoriedade para o ensino médio (art. 4º, incisos I e II);
- A União tem a atribuição de coordenar a política nacional (art. 8, § 1º);
- O sistema federal de ensino compreende as instituições de ensino mantidas pela União; as IES criadas e mantidas pela iniciativa privada e os órgãos federais de educação (art. 16);
- Existem dois tipos de instituições de ensino: pública e privada (art. 19); as privadas estão categorizadas em: particulares em estrito senso, comunitárias, confessionais e filantrópicas (art. 20);
- A educação compreende dois níveis: *educação básica*, composta da educação infantil, ensino fundamental e ensino médio, e *educação superior* (art. 21).

Ao longo do texto da LDB 1996, observa-se a preocupação constante em assegurar o acesso amplo à educação e ao mesmo tempo em garantir sua qualidade, embora sem especificar o que se entende por qualidade. Em 2004, foi aprovada a Lei

10.861 que institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior, SINAES, que tem como uma das finalidades a melhoria da qualidade da educação. O SINAES é composto de um conjunto de instrumentos, por meio dos quais o MEC regula a oferta e permanência de cursos e IES no Brasil (BRASIL, 2004). O SINAES é o referencial para o conceito de qualidade da educação superior adotado neste trabalho.

Além da aprovação da LDB em 1996, que assegurou a existência e permanência da iniciativa privada no ensino, o Governo Federal e o Ministério da Educação flexibilizaram a abertura de cursos e IES a partir de 1995 (DALVI *et al.*, 2005). Um dos resultados foi uma rápida expansão das IES privadas, especialmente as particulares em estrito senso, conforme pode ser verificado no gráfico 1. De 1980 até 1998, o crescimento do número de IES foi de 10%, em um ritmo que pode ser considerado constante. Também neste período, o crescimento maior foi das IES privadas. De fato, o número de IES públicas em 1980 era 200, enquanto que em 1998 era 209.

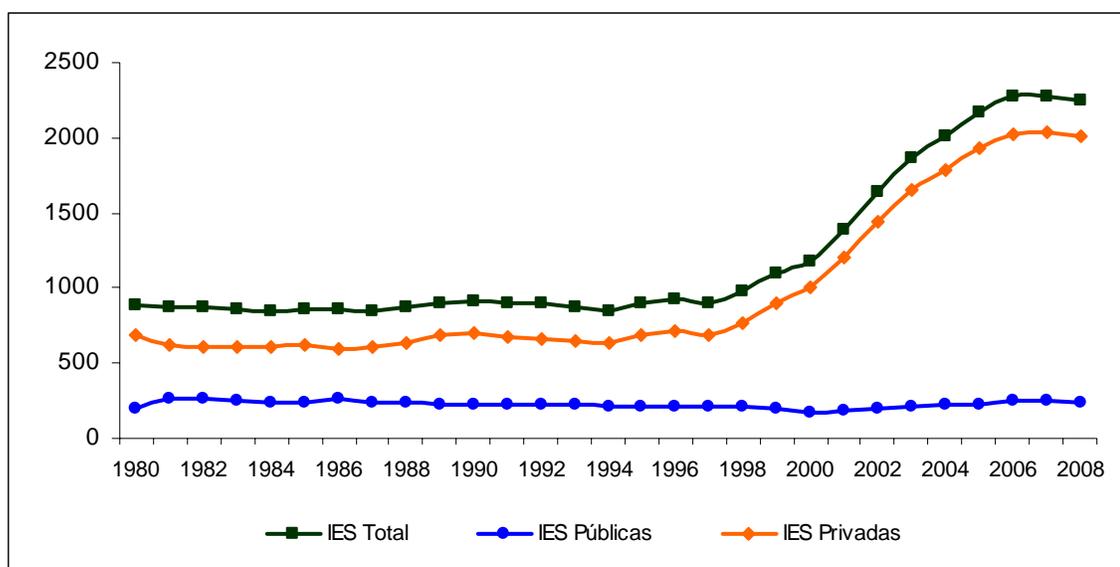


Gráfico 1 - Evolução do número de IES no Brasil

Fonte: Censo da Educação Superior (INEP 1980:2008)

Analisar o número de IES não é suficiente para determinar a expansão do ensino superior. É preciso analisar o número de ingressantes, de alunos matriculados e de diplomados, verificando, assim, a atração de alunos e a eficiência do sistema.

O gráfico 2 contém a evolução do número de alunos matriculados de 1980 a 2008. Novamente foi no setor privado a maior representatividade. Foram necessários 20 anos, de 1980 a 2000, para dobrar o número de alunos matriculados, enquanto que, de 2000 a 2008, esse número praticamente dobrou outra vez. Segundo Dalvi *et al.* (2003), além da flexibilização para novas IES privadas, havia também uma demanda reprimida de pessoas que já integravam o mercado de trabalho, além da universalização do ensino fundamental, com conseqüente crescimento do ensino médio e do ensino superior.

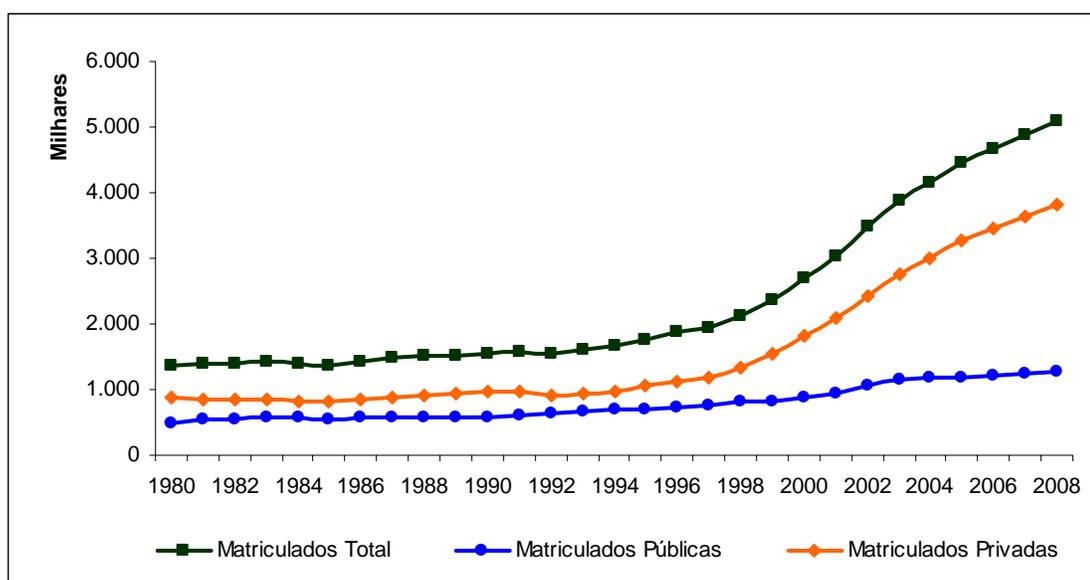


Gráfico 2 - Evolução das matrículas no ensino superior

Fonte: Censo da Educação Superior (INEP 1980:2008)

A evolução dos ingressantes por processos seletivos é apresentada no gráfico 3. A ascensão da curva de crescimento tem início em 1996/1997, logo após a publicação da LDB 1996 e da flexibilização de abertura de novos cursos e novas instituições. A curva do número de alunos matriculados tem um comportamento semelhante, já que em 1998/1999 inicia-se um crescimento mais acelerado.

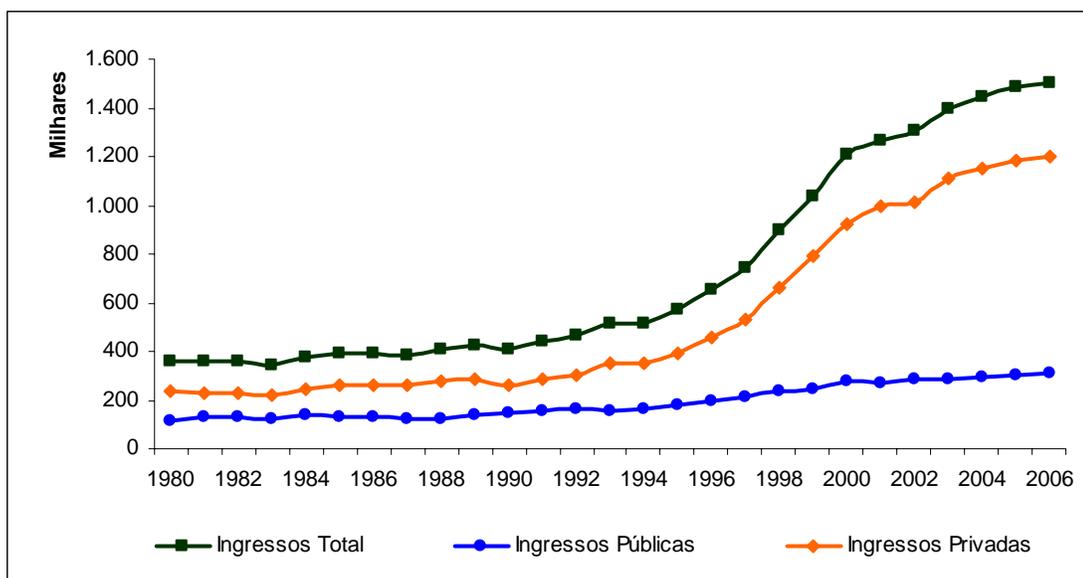


Gráfico 3 - Evolução dos ingressantes

Fonte: Censo da Educação Superior (INEP 1980:2008)

Esse reflexo também é percebido no número de concluintes (gráfico 4). Após quatro anos do incremento de ingressantes, tempo médio de conclusão de um curso de graduação, o número de concluintes começa a crescer de forma mais expressiva.

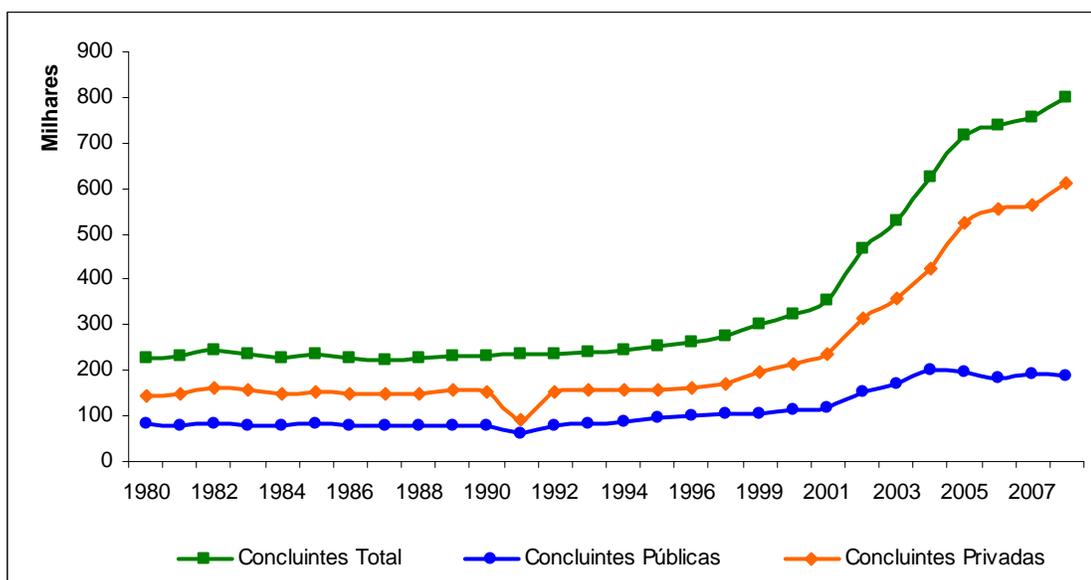


Gráfico 4 - Evolução do número de concluintes

Fonte: Censo da Educação Superior (INEP 1980:2008)

2.4 O PDE E PERSPECTIVAS FUTURAS

O Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) é um plano executivo, que coloca em prática as metas previstas pelo Plano Nacional de Educação (PNE). Dentre essas metas, destacam-se (BRASIL, 2001):

- Oferecer educação superior para, pelo menos, 30% da faixa etária de 18 a 24 anos até 2010.
- Estabelecer um amplo sistema interativo de educação a distância.
- Oferecer apoio e incentivo governamental para as instituições comunitárias sem fins lucrativos.

As ações do PDE para o ensino superior (MEC, 2009a) pertinentes à presente proposta de dissertação podem ser assim resumidas:

- Universidade Aberta do Brasil (UAB): sistema nacional de educação superior a distância com a participação de instituições públicas de educação superior, com o objetivo de oferecer formação a professores na educação básica pública que ainda não tenham graduação.
- Programa Universidade para Todos (ProUni): concessão de bolsas de estudo integrais e parciais em cursos de graduação e sequenciais de formação específica, em instituições privadas de educação superior sem fins lucrativos (comunitárias, filantrópicas e confessionais). Oferece, em contrapartida, isenção de alguns tributos àquelas instituições de ensino que aderirem ao Programa. Desde 2005 até o segundo semestre de 2008, já foram atendidos cerca de 430 mil estudantes, sendo 70% com bolsas integrais.
- Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni): tem como objetivo a ampliação das vagas nas instituições federais de ensino superior, por meio da distribuição de R\$ 2 bilhões entre as universidades. Espera-se um crescimento de 149.042 vagas em 2008 para 227.260 em 2012 (52% de aumento).

- Fies solidário: flexibilização das regras do Fundo de Financiamento ao Estudante de Ensino Superior (FIES) para facilitar o acesso dos alunos ao financiamento.

Por meio das ações citadas, o MEC espera ampliar as oportunidades de acesso aos jovens ao ensino superior, buscando cumprir a meta estabelecida. Porém, não é uma tarefa fácil, tendo em vista que a diferença entre a meta (30%) e o real (13,1% em 2006, conforme IBGE, 2008) ainda é considerável. Especialistas (DALVI *et al.*, 2005) indicam que, para cumprir a meta, além da ampliação de vagas nas IES públicas e do aumento de bolsas e de possibilidades de financiamento, seria necessário uma melhora significativa na renda da população em função do crescimento da economia, uma vez que o acesso ao ensino superior é limitado a grupos socioeconômicos mais altos, tanto no sistema público quanto no privado (DIAS SOBRINHO; BRITO, 2008; McCOWAN, 2007).

Diante do exposto, o atendimento das metas do PNE torna-se um grande desafio, tanto para o Estado quanto para os dirigentes de IES públicas e privadas. A situação tem como agravante a projeção do IBGE para população jovem, que é o principal público atual do ensino superior. O Brasil já foi considerado um país de jovens, mas até 2050 essa situação será diferente, em função do aumento na expectativa de vida e da redução da taxa de nascimentos (IBGE, 2009). O gráfico 5 mostra a projeção da população de jovens, nas faixas de *15 a 19 anos* e de *20 a 24 anos*.

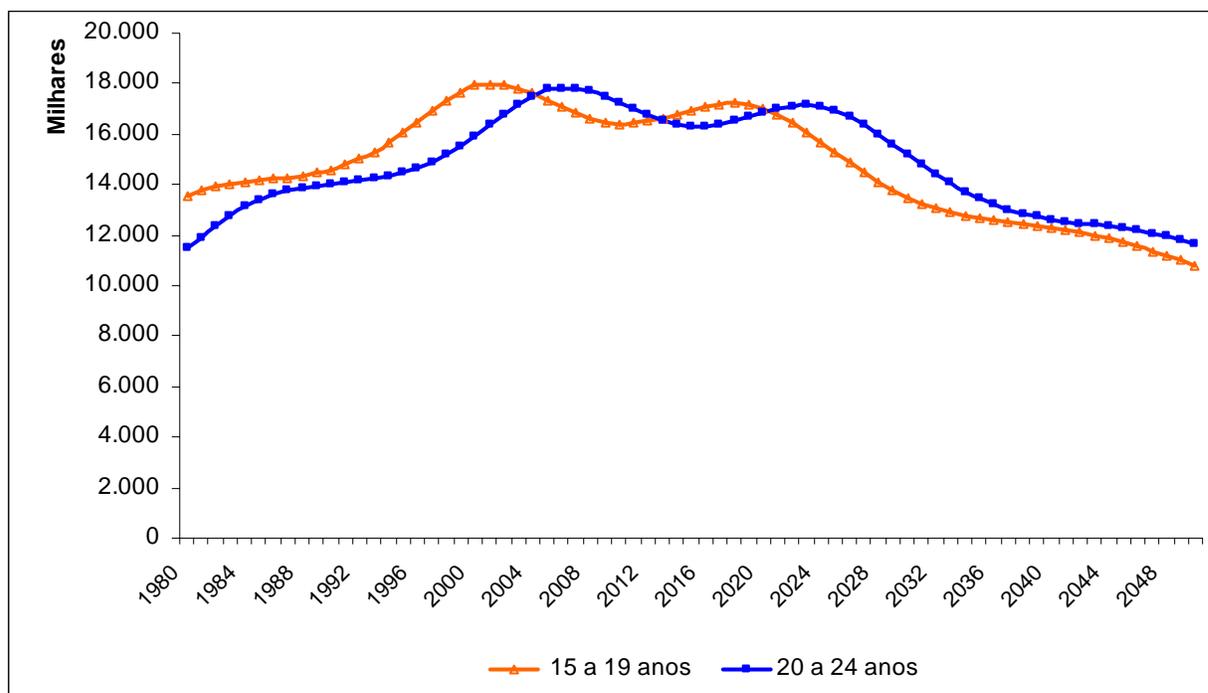


Gráfico 5 - Projeção da população jovem
Fonte: IBGE (2009)

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo são abordados os principais referenciais teóricos da pesquisa. Em primeiro lugar, são apresentados estudos referentes a planejamento em instituições de ensino superior. Posteriormente, é explorada a complexidade dinâmica, suas características e diferenciação com a complexidade combinatória, seguida da conceituação do processo de modelagem. Por fim, são apresentadas as principais características de Dinâmica de Sistemas.

3.1 PLANEJAMENTO E ESTRATÉGIA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Segundo Braga e Monteiro (2005), ainda não existia, até há pouco tempo, preocupação das instituições de ensino superior brasileiras com questões estratégicas. Isso se deve, em parte, em função de que somente nos últimos anos a competitividade no setor tornou-se expressiva, em função da falta de formação em gestão de uma grande parcela de dirigentes educacionais, bem como em função do dia-a-dia das instituições tomarem todo o tempo de seus dirigentes. Os autores afirmam, ainda, que havia pouca publicação ou produção acadêmica sobre o assunto; por isso, propuseram um roteiro para planejamento estratégico em IES privadas ao elaborar uma relação dos conceitos usados no planejamento estratégico do meio empresarial para o setor educacional.

Atualmente, diversos trabalhos sobre processos de planejamento e posicionamento estratégico em instituições de ensino no Brasil são encontrados. Dentre esses, incluem-se dissertações (POHLMANN, 2009; DELGADO FILHO, 2004), artigos apresentados em congressos (DIAS, MAGALHÃES; BARBOSA, 2006; RISCAROLLI; RODRIGUES; ALMEIDA, 2004; PIMENTEL; FONSECA, 2004; CUNHA; AKEL SOBRINHO, 2002) e em periódicos (RIEG; ARAÚJO FILHO, 2002). É possível perceber

que cada vez mais as instituições de ensino estão atentas às questões de escolha estratégica, elaborando e implementando seus planejamentos estratégicos. Em todo mundo, o planejamento estratégico é uma técnica utilizada em universidades e outras instituições de ensino.

Parte dos trabalhos encontrados relatam ou investigam *processos* de planejamento estratégico em instituição de ensino, unidade ou curso, usando as abordagens tradicionais: definição da missão e da visão; análise do ambiente externo e interno, definição de objetivos e planos de ação, com algumas variações. É o caso de Saxe *et al.* (2004), em que os autores analisaram o processo de planejamento estratégico em faculdades de enfermagem comunitárias; de Delgado Filho (2004), que analisa o processo e faz sugestões para o caso de uma Pró-Reitoria de Desenvolvimento Universitário; Dias, Magalhães e Barbosa (2006) identificaram os principais elementos influenciadores na construção do plano de desenvolvimento institucional de uma Instituição Federal de Ensino Superior. Já Cunha e Akel Sobrinho (2002) concluíram que o planejamento estratégico introduz mais racionalidade e organização nos processos decisórios de uma IES federal. Esses trabalhos têm como característica em comum a descrição do processo e sua importância no desenvolvimento da instituição, bem como sugestões de melhoria para os mesmos.

Outros trabalhos direcionam-se à análise ou sugestão de alguma técnica específica. Rieg e Araújo Filho (2002) analisaram o Planejamento Estratégico Situacional (PES) e Mapeamento Cognitivo em uma Pró-Reitoria de Extensão de uma universidade federal. A riqueza das discussões orientadas pelas diretrizes da metodologia criou um clima de maior compartilhamento e comprometimento, principalmente na fase de concepção do plano.

Dyson (2004) utilizou análise SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças, da sigla em inglês) e planejamento baseado em recursos como entradas para o planejamento estratégico na Universidade de Warwick. Na mesma universidade, Sarrico e Dyson (2000) já haviam usado Análise Envoltória de Dados (DEA, no inglês) e matriz BCG (do Boston Consulting Group) transformada, usada para análise do *portfólio* de negócios, para gerar elementos para escolhas estratégicas, fazendo uma avaliação

comparativa entre departamentos de mesmas disciplinas de diversas universidades (Inglaterra, Gales e Escócia) e os diversos departamentos de uma mesma instituição (Universidade de Warwick). A informação foi gerada com a intenção de auxiliar na tomada de decisão sobre a destinação de recursos para os departamentos.

Ainda nessa temática, Caballero (2001) usou programação por metas (*goal programming*), para determinar o destino de verbas aprovadas em orçamento. A técnica é um modelo de otimização em programação inteira que permite a alocação de recursos de forma eficiente.

Já Liberatore e Nydik (1997) utilizaram a AHP (Processo Analítico Hierárquico, da sigla em inglês) como método para tomada de decisão estratégica em uma universidade. Essa metodologia tem como principal vantagem o uso de comparações em pares para obter um escore de mensuração. Os autores dividiram os planos de ação de acordo com sua contribuição crítica aos objetivos estratégicos e concluíram que a AHP é útil na priorização desses planos.

Dessas técnicas e metodologias, embora todas relatadas como promissoras para o planejamento de instituições de ensino, poucas estiveram focadas em modelos de planejamento, projeções ou simulações de longo prazo genéricas. Algumas apresentavam limitações em função da necessidade de dados de entrada quantitativos, como DEA. Já o uso de programação por objetivos em Caballero (2001) esteve mais focada em decisões internas. Nesse sentido, os trabalhos de Mizrahi e Mehrez (2002), Carvalho (2001) e Galbraith (1998) merecem destaque.

Mizrahi e Mehrez (2002) utilizaram um modelo de Jogo de Sinalização (*Signaling Game*) para analisar os movimentos estratégicos de um programa acadêmico quando um conjunto mínimo de requerimentos de qualidade é determinado. O equilíbrio do sistema depende da confiabilidade e tipo do sinalizador, no caso, a universidade. Os resultados demonstraram que o papel do órgão regulador é limitado em relação à garantia de qualidade quando a população é pouco sensível à percepção de qualidade. Na situação inversa, o próprio “mercado” acabaria fazendo a distinção entre as instituições de qualidade.

Quatro trabalhos usaram Dinâmica de Sistemas: um modelando a destinação de recursos na Austrália (GALBRAITH, 1998); outro na projeção de política de cobrança de mensalidades em IES federais brasileiras (CARVALHO, 2001), o terceiro como sugestão de construção de um modelo padrão para ensino a distância (SHAFFER, 2005), e por fim, o quarto fez uso de Dinâmica de Sistemas para o posicionamento estratégico de programas de pós-graduação *stricto sensu* em uma universidade confessional (POHLMANN, 2009). Nas duas primeiras situações, a Dinâmica de Sistemas permitiu uma análise de longo prazo e uma visualização do ponto de equilíbrio do sistema. Em Galbraith (1998) também foi possível o aprendizado em questões não intuitivas, como, por exemplo, que a redução da duração de um curso implicaria na necessidade de atrair mais alunos para atingir as metas estabelecidas pelo governo. No trabalho desenvolvido por Pohlmann (2009), a modelagem auxiliou no aprendizado do problema proposto e na proposição de um método de elaboração de posicionamento estratégico para programas de pós-graduação em instituições privadas confessionais.

A Dinâmica de Sistemas (DS) é uma metodologia que tem tido cada vez mais espaço para entender processos de negócio. Esse ramo da DS tem sido chamado de *Business Dynamics* (FERNANDES, 2001). Especialmente depois da publicação, em 1990, de *A Quinta Disciplina* por Senge (2004) e do livro *Business Dynamics* de Sterman (2000), modeladores e gestores possuem um referencial para o uso dessa metodologia. Sua utilização se dá em função da vocação para modelar processos sociais, especialmente as estruturas que definem os processos decisórios, bem como pela possibilidade de construção de *simuladores gerenciais*, que permitem aos gestores analisar cenários e o comportamento do sistema por meio de simulação computadorizada. Segundo Andrade (1997), a DS e o pensamento sistêmico têm um importante papel, do ponto de vista da aprendizagem organizacional, em função da “possibilidade de avaliar os padrões de comportamentos do sistema visando o aprimoramento dos modelos mentais compartilhados das pessoas que têm o poder de tomar ações”.

O sistema de educação superior no Brasil experimentou um rápido crescimento, conforme dados já apresentados. Tal crescimento, apesar de desejado, foi muito acelerado e, por isso, não veio isento de problemas. Senge (2004, p. 94) alerta que “quando o crescimento se torna excessivo [...] o próprio sistema buscará compensá-lo”. Neste caso, a expansão foi consequência de legislação e de políticas governamentais e, quando se observou que o crescimento do setor privado estava *caótico*, o próprio governo começou a preocupar-se (MEC, 2009b) e a tomar providências para tentar controlar esse crescimento, apesar deste já apresentar sinais de esgotamento (MELLO, 2009). Enquanto isso, IES já consolidadas experimentaram uma rápida ascensão, fizeram investimentos sem prever corretamente seu potencial (PORTO; RÉGNIER, 2003), o que pode ser caracterizado como um atraso informacional (STERMAN, 2000).

É possível observar que o setor é bastante suscetível a políticas e regulação governamental, evidenciado por meio de publicações do Ministério da Educação, e que houve uma janela de tempo entre o estabelecimento de novas políticas e uma resposta no sistema. Regras de decisão e atrasos são elementos centrais em Dinâmica de Sistemas, que também modela com sucesso situações de crescimento inicial rápido seguido de desaceleração. Assim, a DS foi a metodologia adotada na elaboração deste trabalho, já que suas ferramentas permitem modelar atrasos informacionais, políticas e regras de decisão, inerentes ao problema abordado.

3.2 COMPLEXIDADE DINÂMICA

Muito se fala em complexidade no mundo contemporâneo. O acesso a informações é quase ilimitado e estas surgem em uma velocidade cada vez maior, tornando cada vez mais difícil seu processamento, no sentido de distinguir o que é relevante ou não. Com tantas informações e variáveis, fica cada dia mais difícil analisar todas as combinações possíveis.

Entretanto, no contexto da presente proposta, o interesse não é nesse tipo de complexidade, que lida com muitas variáveis ou componentes e nas combinações necessárias para tomar uma decisão, chamada de *complexidade combinatória* ou *de detalhes* (SENGE, 2004; STERMAN, 2000). Segundo Senge (2004), é nesse tipo de complexidade que se baseia a maior parte de ferramentas de projeção e análise para elaboração de planos estratégicos, mas não conseguem produzir rupturas drásticas.

O interesse neste trabalho é na *complexidade dinâmica*, ou seja, nas relações entre os componentes do sistema, em como ocorre a dinâmica entre eles ao longo do tempo (SENGE, 2004; STERMAN, 2000). Mesmo sistemas com poucos componentes podem ser complexos dinamicamente.

O entendimento de como ocorre a complexidade nem sempre é intuitivo. Essa não-intuitividade ocorre por diversas razões. A primeira é a distância de tempo entre uma ação ou decisão e seus efeitos visíveis (SENGE, 2004; STERMAN 2000). Além disso, existem atrasos também entre a percepção de uma situação que necessita de uma intervenção e a tomada de decisão (STERMAN, 2000). Outra razão é que muitas ações têm consequências diferentes no curto e no longo prazo, ou em diversos locais (SENGE, 2004). Como as variáveis são influenciadas mutuamente, muitas mudam simultaneamente, dificultando a identificação dessas relações (STERMAN, 2000).

Os atrasos dificultam a total percepção de um problema, tornando mais lenta e limitada a aprendizagem sobre ele e a consequente tomada de decisão (STERMAN, 2000). Também contribuem outras características, como informação disponível limitada, variáveis confusas, racionalidade limitada, inferências erradas, erros de julgamento, rotinas defensivas, falhas de implementação.

Sterman (2000) resume o surgimento da complexidade dinâmica, que ocorre porque os sistemas são:

- Dinâmicos: tudo muda; às vezes com diferentes perspectivas de tempo ou espaço, mas o fato é que tudo está em constante mudança;

- Altamente acoplados: os atores e componentes do sistema estão todos conectados e interagindo uns com os outros e com o ambiente;
- Governados por *feedback*: em função do alto acoplamento, todas as ações voltam para todo o sistema. A dinâmica surge desses *feedbacks*;
- Não-linearidade: as interações entre os componentes do sistema raramente são proporcionais. A não-linearidade também acontece quando múltiplos fatores influenciam em uma tomada de decisão;
- Dependentes da história: muitas das ações são irreversíveis, não podem ser desfeitas;
- Auto-organizados: a estrutura do sistema determina sua dinâmica;
- Adaptativos: as capacidades e regras de decisão dos agentes de um sistema vão mudando ao longo do tempo, frutos da experiência e do aprendizado;
- Contra intuitivos: porque causa e efeito estão distantes no tempo;
- Resistentes a políticas: muitas vezes as “soluções” pioram a situação;
- Caracterizados por escolhas: os atrasos nas estruturas de *feedback* fazem com que a resposta de um sistema seja diferente no curto e no longo prazo;

Tais características explicitam porque o entendimento da dinâmica de um sistema não é intuitivo. No entanto, o aprendizado pode ser alcançado por meio de técnicas de modelagem dos problemas e de ferramentas específicas. Uma delas foi utilizada na elaboração deste trabalho, conforme apresentado na sequência.

3.3 MODELAGEM

Segundo Pidd (1998, p. 25), “um modelo é uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade”. Modelos são simplificações da

realidade, ou melhor, de um problema (STERMAN, 2000; PIDD, 1998), que servem para ajudar a entender tal problema para facilitar a tomada de decisão. Dessa forma, a modelagem é uma alternativa interessante para lidar com a complexidade.

Além disso, frequentemente modelos permitem experimentação por meio de simulação por computador. Essa alternativa tem muitas vantagens em relação à experimentação no sistema real (STERMAN, 2000; PIDD, 1998), pois esta envolve custos, disponibilidade de tempo, impossibilidade de replicação, muitas vezes perigo e restrições legais. Andrade *et al.* (2006) destacam que a modelagem computacional é uma ferramenta que adiciona aprendizagem ao problema ou processo, uma vez que possibilita a construção de micromundos do sistema real.

Pidd (1998) sugere uma série de princípios para o processo de modelagem. Um dos aspectos mais relevantes é que um modelo deve ser o mais simples possível, para que todos os envolvidos possam ter entendimento. Além disso, os objetivos e o modelo conceitual devem guiar a coleta de dados, e não o contrário. Finalmente, não existe um modelo correto, como também não é possível saber quando um modelo está pronto, pois tudo depende dos objetivos e dos atores envolvidos.

O autor faz uma diferenciação entre as modelagens *soft* e *hard*. No primeiro caso, o problema e as variáveis não estão bem definidos, o modelo é uma forma de gerar *insights* e o foco está na aprendizagem que a modelagem pode oferecer. Já na modelagem *hard*, o problema, as variáveis e suas relações são formalmente explicitadas. As duas abordagens podem ser complementares.

Andrade *et al.* (2006) e Pidd (1998) sugerem que a Dinâmica de Sistemas é uma abordagem que serve como uma ponte entre as metodologias *soft* e *hard*. Em Dinâmica de Sistemas, os modelos buscam caracterizar o problema dinamicamente, como um padrão de comportamento (STERMAN, 2000). Andrade *et al.* (2006, p. 100) destaca ainda que a modelagem em pensamento sistêmico ou dinâmica de sistemas “tem o objetivo primordial de desenvolver aprendizagem”. A próxima seção explora essa abordagem.

3.4 DINÂMICA DE SISTEMAS

Dinâmica de Sistemas (*System Dynamics*) foi criada nos anos 50 por Jay W. Forrester, professor do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Inicialmente denominada *Industrial Dynamics*, a metodologia tem sido usada em várias áreas do conhecimento, tais como, medicina, economia, sociologia, planejamento militar e nos negócios (FERNANDES, 2001). Também tem sido amplamente utilizada em grandes corporações, governos e em todos os tipos de organização (STERMAN, 2007).

Segundo Sterman (2000, p.4), Dinâmica de Sistemas (DS) “é um método para melhorar a aprendizagem em sistemas complexos”. Está relacionada com o desenvolvimento do *Pensamento Sistêmico*, com a “habilidade de ver o mundo como um sistema complexo” (STERMAN, 2000, p.4). Forrester (2007a) argumenta que o pensamento sistêmico pode ser o primeiro passo, mas não o único, no entendimento de problemas complexos, que é o principal interesse em DS. Para tal, DS fundamenta-se na teoria de dinâmicas não-lineares e controle de *feedback* desenvolvidos na matemática, na física e na engenharia.

No entanto, em geral, o interesse é na aplicação desses conceitos em comportamento humano e nos negócios e, por isso, DS é interdisciplinar, uma vez que se baseia também em psicologia cognitiva e social, economia e outras ciências sociais. As aplicações da DS no contexto de gestão e negócios têm sido designadas pela expressão *Business Dynamics* (FERNANDES, 2001). De fato, Forrester (2007b) comenta que a metodologia tem tido interesse prioritário para aplicações gerenciais. Podem ser citados usos nos temas: operações, comportamento organizacional, marketing, tomada de decisão e estratégia (GARY *et al*, 2008).

Segundo Fernandes (2001), as aplicações principais da *Business Dynamics* são na investigação e solução de problemas, no projeto de soluções e na aprendizagem. A primeira aplicação consiste no entendimento da estrutura que gera um comportamento considerado problema. Já a segunda envolve projetar um novo sistema de produção,

verificar várias alternativas, usando simulação por computador, o que permite explorar opções que seriam inviáveis no “sistema real”. Por fim, a aprendizagem é realizada também com a utilização de modelos de simulação, chamados *simuladores de voo gerencial* (ANDRADE *et al*, 2006; STERMAN, 2000). A diferença para a aplicação anterior é que, neste caso, os gestores podem interagir diretamente com os simuladores, alterando variáveis ou regras de decisão e verificando o comportamento do sistema. Assim, é possível verificar se o comportamento foi o esperado, gerando aprendizado sobre o problema e a estrutura que o gera. Andrade *et al.* (2006) afirmam que ferramentas baseadas em Dinâmica de Sistemas podem ser usadas como sistemas de apoio à decisão.

Em alguns trabalhos relacionados à estratégia, DS é explorada em conjunto com outra metodologia, o *Balanced ScoreCard* (BSC), um sistema de acompanhamento de desempenho que permite traduzir a estratégia da organização. Bianchi e Montemaggiore (2008) demonstraram o uso de um *balanced scorecard* dinâmico, concluindo que a combinação das duas metodologias pode ajudar a entender melhor as relações de causa e efeito entre os indicadores do BSC. Já Capelo e Dias (2009) usaram DS para entender os modelos mentais resultantes da definição e uso de um BSC. No Brasil, Fernandes (2003) desenvolveu o *Scorecard* Dinâmico, que consiste na articulação das modelagens *soft* e *hard* da Dinâmica de Sistemas com a modelagem da estratégia do BSC. O autor destaca que o BSC possui algumas deficiências, pois estabelece relações unidirecionais, não considera *delays* e não é experienciável. Essas limitações são complementadas pela DS no *Scorecard* Dinâmico, que vem sendo implementado em outros trabalhos, dos quais podem ser citados como exemplo Protil *et al* (2008) e Vitor, Añez e Veras (2007).

A DS tem se mostrado eficiente também para análise de cenários (EHRlich, 2005). Segundo Miller e Waller (2003), planejamento de cenários é uma das ferramentas mais usadas para facilitar processos de tomada de decisão, especialmente em situações de incertezas. Planejamento de cenário é um processo no qual várias alternativas de futuro são geradas, com base em variáveis, dados e *insights*, com o objetivo de analisar situações que possam trazer contribuições para tomada de decisão

(MILLER, WALLER, 2003) e trazer aprendizado (EHRLICH, 2005). Essa perspectiva é utilizada no presente trabalho.

A divulgação da Dinâmica de Sistemas tem sido promovida por diversas organizações e grupos. Uma dessas organizações é a *System Dynamics Society* (www.systemdynamics.org), uma entidade internacional sem fins lucrativos que tem o objetivo de encorajar o desenvolvimento e uso de DS e pensamento sistêmico. A sociedade promove fóruns, seminários e mantém publicações, sendo que a principal é a *System Dynamics Review*. No MIT, há o centro de pesquisa *System Dynamics* (<http://mitsloan.mit.edu/faculty/research/dynamics.php>), fundado por J. Forrester.

No Brasil, o interesse pela metodologia tem crescido. O capítulo brasileiro da *System Dynamics Society* promoveu o I Congresso Internacional de Dinâmica de Negócios em 2006, em Brasília. Desde 1997, o Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) já publica trabalhos que usaram DS. A partir de 2007, o Encontro Nacional da ANPAD (EnANPAD) e periódicos como Cadernos EBAPE, Gestão e Produção, Produção e RAE também publicaram trabalhos que usaram a abordagem. Além disso, diversas teses e dissertações fizeram uso da metodologia, muitas citadas neste trabalho.

Dinâmica de Sistemas busca entender a evolução de um sistema ao longo do tempo, usando uma linguagem própria para modelagem e experimentação, geralmente simulação por computador, também conhecida como simuladores de voo gerenciais. Os elementos que determinam a dinâmica são processos de *feedback*, estruturas de estoque e de fluxo, atrasos de tempo (*time delay*) e não-linearidade (STERMAN, 2000). Cada um desses elementos é apresentado a seguir.

3.4.1 Feedback

Em Dinâmica de Sistemas, *feedbacks* são as relações causais entre as variáveis ou componentes do sistema e são representadas por enlaces entre essas variáveis. Uma estrutura de *feedback* é a representação de um conjunto circular de causas interconectadas que, em decorrência da sua estrutura e atividades, produzem certos comportamentos (FERNANDES, 2001).

Existem apenas dois tipos de enlace de *feedback*: *positivo* ou *reforçador* e *negativo* ou *balanceador* (STERMAN, 2000). Enlaces positivos tendem a reforçar ou amplificar o que está acontecendo no sistema, enquanto que os negativos contêm e se opõem à mudança, buscam o equilíbrio. Modelos podem apresentar milhares de enlaces, de ambos os tipos, acoplados uns aos outros com múltiplos atrasos, não-linearidades e acumulações. A dinâmica de todo sistema emerge da interação dessas redes de *feedbacks*.

Os *feedbacks* são representados nos diagramas de enlace causal. A figura 1 ilustra os exemplos de enlaces positivos e negativos. Os enlaces de *feedback* também podem descrever processos de aprendizagem. Segundo Sterman (2000, p.14):

Assim como a dinâmica emerge do *feedback*, também todo aprendizado depende de *feedback*. Fazemos decisões que alteram o mundo, e usando a nova informação, revisamos nosso entendimento do mundo e as decisões que fazemos trazendo nossas percepções do estado do sistema em torno de nossos objetivos.

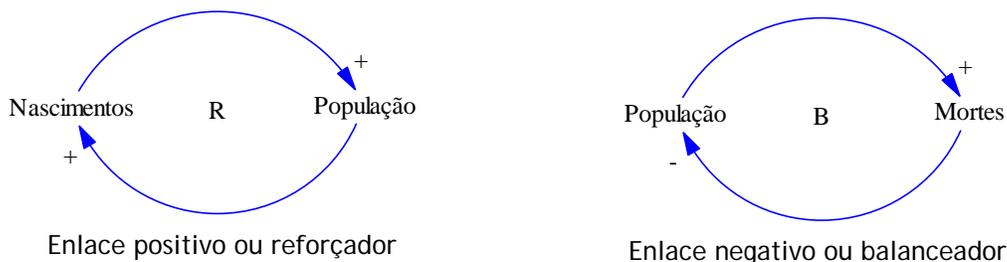


Figura 1 - Exemplos de enlaces positivo e negativo

Fonte: adaptado de Sterman (2000)

As informações de *feedback* são interpretadas com base em modelos mentais. No entanto, esses modelos mentais também não são imutáveis e podem ser modificados em função das novas informações, conforme sintetiza a figura 2.

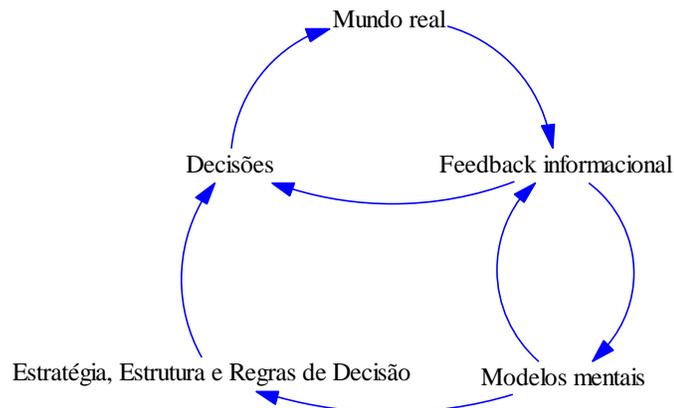


Figura 2 - Enlace duplo de aprendizado
Fonte: Sterman (2000)

3.4.2 Estoque e fluxo

Estoques e fluxos são as ideias centrais em Dinâmica de Sistemas (FERNANDES, 2001; STERMAN, 2000). Qualquer sistema pode ser descrito através desses elementos.

Estoques são níveis ou acumuladores. São eles que caracterizam o estado do sistema e os provém com memória. Estoques criam atrasos com a acumulação da diferença entre os fluxos de entrada e os fluxos de saída. Somente por meio desses fluxos a quantidade acumulada nos estoques pode ser alterada.

Essa dinâmica pode ser descrita usando a metáfora de uma banheira: há um fluxo de entrada (torneira), um estoque (a banheira) e um fluxo de saída (o ralo). A quantidade de água na banheira depende exclusivamente dos fluxos. Os sistemas têm estado determinado, uma vez que os estoques só mudam por meio de seus fluxos. Já os estoques determinam os fluxos, pois eles são a estrutura principal de informação

para tomada de decisão. Se a banheira está muito cheia, em geral fecha-se um pouco a torneira antes que esta transborde.

Em matemática, dinâmica de sistemas, teoria de controle e outras disciplinas relacionadas, estoques são conhecidos como *integrais* ou *variáveis de estado*. Fluxos são conhecidos como *taxas* ou *derivadas*. Em química, são *produtos reagentes* e *taxas de reação*. Em manufatura são *buffers* e *processamento*.

Existem várias formas de representar estruturas de estoque e fluxo (STERMAN, 2000). Uma delas já foi descrita com a metáfora da banheira. Há também a notação de Diagrama de Estoque e Fluxo, representada na figura 3. Finalmente, a notação matemática, na forma de equação integral (equação 1) ou diferencial (equação 2).

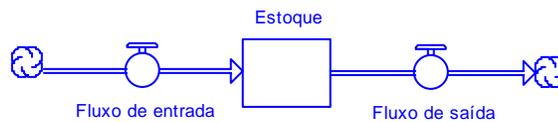


Figura 3 - Diagrama de Estoque e Fluxo
Fonte: Sterman (2000)

Equação integral:

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflows(s) - Outflows(s)] ds + Stock(t_0) \quad (1)$$

Representa a acumulação até o instante corrente t a partir da origem t_0 . $Inflows(s)$ e $Outflows(s)$ representam os valores de um fluxo de entrada e de um fluxo de saída em qualquer tempo s . Equivalentemente, a taxa de rede de mudança de qualquer estoque, sua derivada, é o fluxo de entrada menos o fluxo de saída, definido pela equação diferencial:

$$d(Stock) / dt = Inflow(t) - Outflow(t) \quad (2)$$

Por fim, um modelo pode prever também variáveis auxiliares, ou conversores, os quais processam informações a respeito dos estoques e fluxos ou representam fontes de informação exógenas (FERNANDES, 2001; STERMAN, 2000).

3.4.3 Atrasos

Para medir e comunicar uma informação, para tomar decisões e para que as decisões tenham efeito, sempre existe um tempo envolvido. Em DS, “atraso (*delay*) é um processo em que a saída tem um retardo em relação a sua entrada” (STERMAN, 2000, p.411).

Existem dois tipos de atraso: material e informacional (STERMAN, 2000). Os atrasos materiais são estoques físicos e as acumulações são medidas em unidades. Por exemplo, cartas em trânsito (a serem entregues pelo carteiro). Já os atrasos informacionais são baseados em crenças e percepções. Representam o atraso entre a chegada de uma nova informação e a atualização das crenças pessoais. Também envolvem estoques, mas esses são representações de estados mentais. Ambos têm formas distintas de modelar.

3.4.3.1 Atrasos materiais

São representados por estruturas de estoque e fluxo. É necessário formular uma regra de decisão (equação) para a taxa de saída. Existem os atrasos ditos puros, quando o processo governa o fluxo de saída e não há interferência externa. São exemplos clássicos as filas.

Sobre cada atraso, existem duas questões básicas que precisam ser respondidas: (a) qual o tamanho médio do atraso e (b) qual é a distribuição de saída em torno do atraso médio. Existem três tipos básicos de atrasos materiais: *pipeline*, de primeira ordem e de alta ordem.

Atrasos do tipo *pipeline* têm um tempo de processamento constante, e a ordem de saída do estoque é a mesma da ordem de chegada. É uma fila tipo FIFO (*First In First Out*). A taxa de saída é determinada exclusivamente pelo tempo de atraso.

Já os atrasos de primeira ordem são aqueles em que a ordem de saída do estoque tem uma certa distribuição, uma certa “mistura”. Nesse caso, a quantidade de material em trânsito determina também a taxa de saída. Nos atrasos de alta ordem, não existe apenas um estoque, estes estão em cascata, e há uma distribuição de saída e um atraso para cada um deles. Estes representam situações em que existem vários estágios de processamento, com vários atrasos de primeira ordem, gerando atrasos de segunda, terceira ordem e assim por diante.

3.4.3.2 Atrasos informacionais

Nesse tipo de atraso, não há uma entrada material em um estoque. Em vez disso, são percepções acerca de alguma variável ou informação. Os atrasos existem porque é preciso um tempo para coletar e processar dados, comunicá-los e, especialmente, para tomada de decisão. Isso acontece porque em geral não ocorre uma mudança mental imediata quando alguém recebe uma informação. De acordo com Serman (2000, p. 426), “frequentemente precisamos de mais tempo para nos ajustar emocionalmente para a nova situação antes que nossas crenças e comportamentos possam mudar”.

Uma das formas de modelar esse tipo de atraso é chamado de *expectativas adaptáveis*, *exponential smoothing* ou *atrasos informacionais de primeira ordem*. Nesse tipo de atraso, quando ocorre uma mudança em alguma variável, nossa crença em relação ao valor dessa variável ajusta-se gradualmente, até chegar ao valor real. O estoque, nesse caso, é a percepção em si. A estrutura de *feedback* é representada na figura 4.

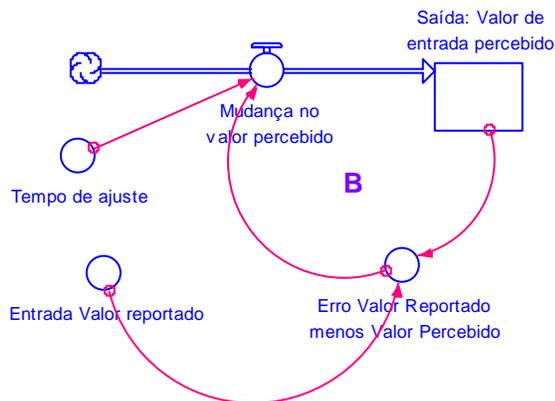


Figura 4 - Estrutura de *feedback* de expectativas adaptáveis
Fonte: Sterman (2000)

Um modelo mais complexo é o *atraso informacional de alta ordem*. No modelo anterior, há uma resposta imediata a uma mudança no valor de entrada. Porém, nem sempre a resposta é tão rápida. Muitas vezes, a resposta inicial é baixa, depois há um pico, e decresce novamente. Isso ocorre porque a informação chega por meio de vários estágios de medição e comunicação. Esse tipo de atraso tem a estrutura exemplificada na figura 5, representando vários atrasos informacionais de primeira ordem em cascata, de forma análoga a do atraso material de alta ordem.

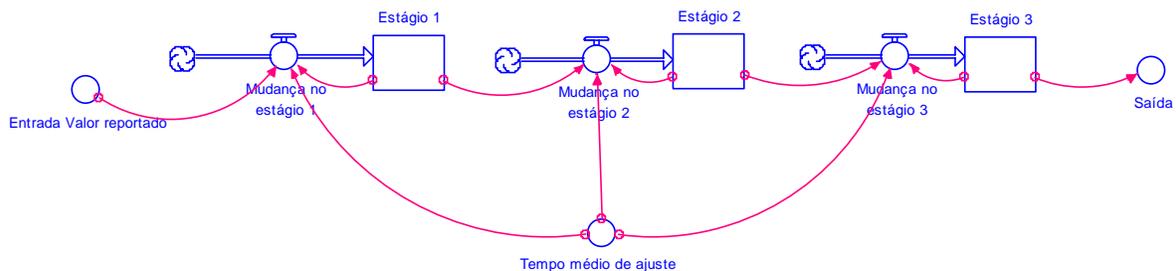


Figura 5 - Atraso informacional de terceira ordem
Fonte: Sterman (2000)

3.4.4 Não-linearidade

Um dos conceitos fundamentais em DS é a não-linearidade. Em um sistema linear, os fluxos de entrada são sempre somas ponderadas de variáveis de estoque (S_i)

e qualquer variável exógena (U_j), como apresentado na equação 3. Qualquer outra forma de fluxo de entrada é não linear (STERMAN, 2000).

$$\text{Fluxo entrada} = a_1S_1 + a_2S_2 + \dots + a_nS_n + b_1U_1 + b_2U_2 + \dots + b_mU_m \quad (3)$$

Onde os coeficientes a_i e b_j são constantes.

3.4.5 Ferramentas de Dinâmica de Sistemas

Segundo Fernandes (2003), existem duas formas de modelagem em DS: a abordagem *soft* (qualitativa) e *hard* (quantitativa). A modelagem *soft* tem como ferramenta os Diagramas de Enlace Causal, já a *hard* utiliza os Diagramas de Estoque e Fluxo e simulação, o que implica no uso de equações para definir as relações entre os componentes, conforme apresentado a seguir.

3.4.5.1 Diagramas de Enlace Causal

Diagramas de Enlace Causal são usados para explicitar as hipóteses sobre as causas dinâmicas, modelos mentais de indivíduos ou grupos e para comunicar *feedbacks* (STERMAN, 2000). As variáveis são relacionadas por ligações causais, representadas por flechas e marcadas por uma polaridade positiva (+) ou negativa (-), para indicar como a variável dependente muda quando muda a independente. Os enlaces importantes são marcados por um enlace identificador, um rótulo, que indica se é positivo (reforçador) ou negativo (balanço). A notação pode ser conferida na figura 6.

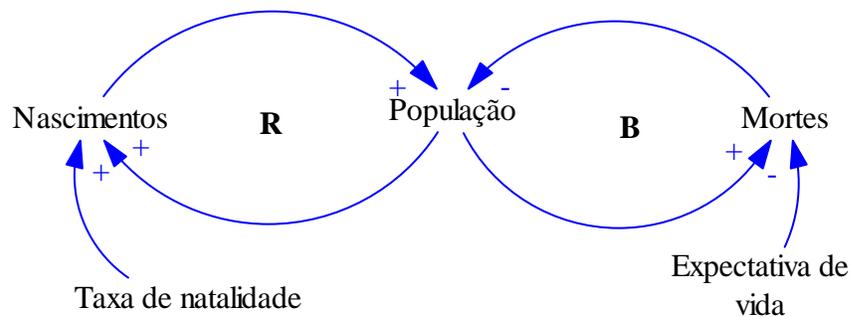


Figura 6 - Notação do Diagrama de Enlace Causal

Fonte: Sterman (2000)

3.4.5.2 Diagramas de Estoque e Fluxo

Diagramas de Estoque e Fluxo podem ser derivados dos Diagramas de Enlace Causal, porém com as informações sobre estoque e fluxo explícitas. As relações causais também são representadas por flechas, como no exemplo da figura 7.

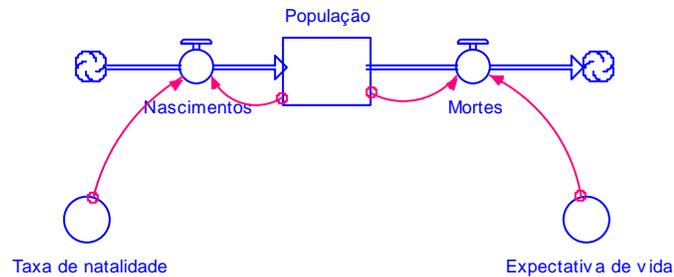


Figura 7 - Notação para Diagrama de Estoque e Fluxo

Fonte: Sterman (2000)

A notação apresentada é a usada pelo *software iThink*. Retângulos representam *estoques* (população); os fluxos são representados por canos com uma espécie de torneira (que determina o fluxo), e podem ter origem ou fim fora do sistema, quando são apresentados na forma de nuvens (nascimentos e mortes). Já as circunferências representam *variáveis auxiliares* ou *conversores*.

3.4.6 Estrutura e Comportamento de Sistemas

Em Dinâmica de Sistemas, o que interessa é o comportamento dinâmico do sistema, com o objetivo de saber se o mesmo é estável, se tende a crescer, a oscilar, a declinar ou se tende ao equilíbrio (FERREIRA; BORENSTEIN, 2007). O comportamento de um sistema surge de sua estrutura, ou seja, os enlaces de *feedback*, estoques e fluxos, não-linearidades, atrasos e os processos de tomada de decisão dos agentes (STERMAN, 2000). Os tipos de comportamento descritos em Sterman (2000) são *crescimento exponencial*, *goal seeking*, *oscilação* e a *curva de crescimento em S*.

Crescimento exponencial surge de *feedbacks* positivos. Estes geram crescimento, ampliam desvios (figura 8). Já o comportamento *goal seeking* é gerado em função de algum enlace negativo, como mostra a figura 9. Se há uma discrepância no estado do sistema, uma ação corretiva é iniciada até chegar à meta. Todo enlace negativo inclui um processo de comparação com o estado desejado e o estado atual para ações corretivas (STERMAN, 2000).

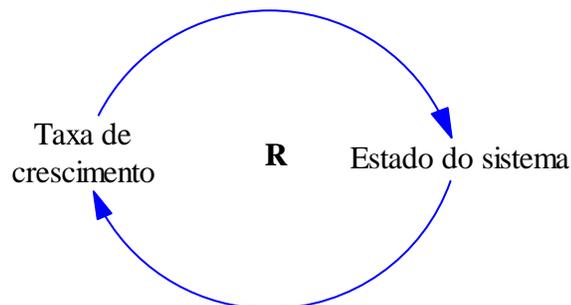


Figura 8 - Crescimento Exponencial: Estrutura
Fonte: Sterman (2000)

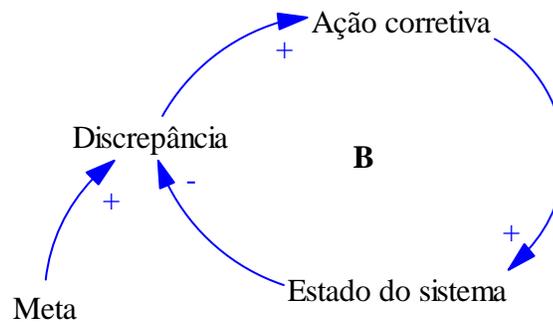


Figura 9 - Goal seeking: Estrutura

Fonte: Sterman (2000)

Quando existem atrasos associados a uma estrutura de balanço, o sistema gera um comportamento de oscilação, em função da diferença de tempo existente entre perceber a discrepância, tomar uma decisão e os efeitos das ações, como mostra a figura 10. Em um sistema oscilante, o estado do sistema ultrapassa a meta ou estado de equilíbrio, reverte, ultrapassa novamente, e assim por diante.

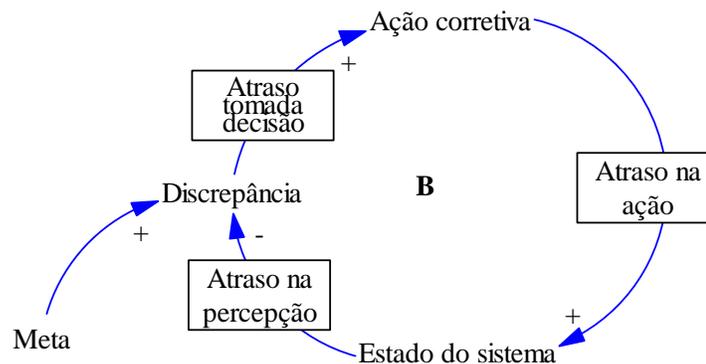


Figura 10 - Oscilação: Estrutura

Fonte: Sterman (2000)

A curva de crescimento em S é um dos comportamentos mais observados em DS. É comparado com o conceito de capacidade de suporte (*carrying capacity*) da ecologia, que explica um crescimento acelerado no início, e desaceleração desse crescimento até chegar ao limite do ambiente. Nas palavras de Sterman (2000, p.118), “*similarmente, todo crescimento de negócio ou organizacional cresce em um contexto de mercado, sociedade e ambiente físico que impõem limites ao crescimento*”. O que cria esse comportamento é a interação entre os enlaces positivos e negativos não lineares (ver figura 11). Também é imprescindível que a capacidade do sistema seja fixa.

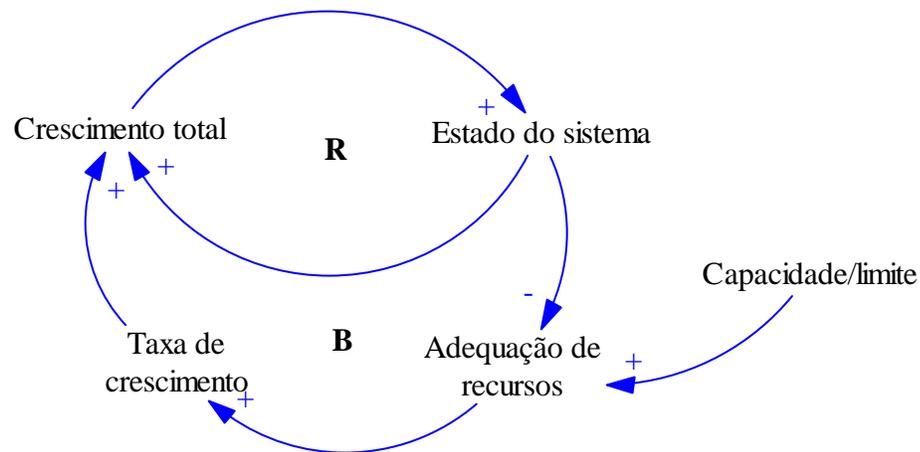


Figura 11 - Crescimento em S: Estrutura
 Fonte: Sterman (2000)

A conexão entre estrutura e comportamento provê uma heurística útil para o processo de conceituação e modelagem. Se há um crescimento exponencial em uma variável, deve haver ao menos um enlace positivo, possivelmente muitos. E deve haver, também, enlaces negativos; no entanto, certamente os positivos são dominantes. Assim, ao analisar o comportamento das variáveis ao longo do tempo, já é possível saber um pouco da estrutura do sistema.

3.5 SOFTWARES

Os principais *softwares* para DS atualmente são Vensim[®], Powersim Studio e iThink[®]/STELLA[®]. Os três utilizam as principais ferramentas em DS. A construção dos modelos é feita por meio dos diagramas de estoque e fluxo e, a partir destes elementos, são construídas as equações que determinam o comportamento e permitem a simulação. Todos implementam as principais funções utilizadas em DS, como as funções de atraso informacional (Smooth) e distribuições, por exemplo. Permitem ainda a visualização dos resultados das simulações, por meio de gráficos e de simuladores de voo gerenciais, e são disponibilizadas várias versões, como comerciais, para universidades e para estudantes.

Vensim[®] é produzido pela Ventana Systems, Inc. A versão mais recente é Vensim[®] 5, que permite a construção de diagramas de enlace causal e simuladores de voo gerenciais. Conforme Ventana (2009), Vensim:

É usado para desenvolver, analisar e empacotar modelos de *feedbacks* dinâmicos de alta qualidade. Modelos são construídos graficamente ou em um editor de texto. Suas funcionalidades incluem funções dinâmicas, análise de sensibilidade de Monte Carlo, otimização, manipulação de dados, interfaces de aplicações e muito mais.

O segundo software é o Studio, que está na versão 7, da Powersim Software. Segundo seus fabricantes (POWERSIM, 2009):

Simulação dinâmica com Studio 7 permite a sua companhia desenvolver e explorar cenários futuros – de uma forma livre de riscos e totalmente controlada. Você será capaz de olhar para o futuro baseado em variáveis introduzidas para diferentes direções estratégicas. Como resultado, sua companhia terá uma vantagem tácita e estratégica na tomada de decisão.

Por fim, o terceiro grupo de pacotes é o desenvolvido pela High Performance Systems - isee systems, Inc, e envolve dois pacotes (ISEE, 2009): iThink[®], para aplicações nos negócios, e STELLA[®], para aplicações acadêmicas (ISEE). As funcionalidades são as mesmas, apenas a documentação e os exemplos disponíveis diferem de acordo com a finalidade. A versão 9.1.2 permite criação de diagramas de enlace causal. A principal diferença desses softwares em relação aos demais é sua interface em camadas, uma para os simuladores de voo, com funções facilitadas para manipulação de variáveis e visualização em gráficos; uma camada para o desenvolvimento do modelo (diagrama de estoque e fluxo); e a terceira para o desenvolvimento das equações. O software NETSIM[™], também da isee systems, possibilita publicação dos modelos na *web*.

4 METODOLOGIA

A metodologia adotada na elaboração da pesquisa foi baseada em Sterman (2000). A primeira etapa foi dividida em duas fases, considerando também o *levantamento de dados* que balizou toda a pesquisa.

ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A primeira etapa da metodologia do trabalho foi composta de duas fases. A primeira fase consistiu em pesquisa bibliográfica e de dados sobre ensino superior de graduação no Brasil e sobre Dinâmica de Sistemas. A pesquisa sobre ensino superior baseou-se na legislação pertinente, em análises de cenários realizados por consultores especialistas na área, em notícias divulgadas na mídia, em estatísticas divulgadas pelo INEP, pela Unesco e pelo IBGE e em experiências em planejamento no setor. Essa fase permitiu conhecer o contexto da pesquisa e as suas fronteiras, passando, com isso, para a segunda fase.

A segunda fase foi a definição do problema em si, já explicitado na seção 1 – Introdução. Além disso, Sterman (2000) indica que é necessário determinar as variáveis chave; o horizonte de tempo que será analisado, tanto para o passado, buscando as origens do problema quanto para o futuro, na prospecção de cenários alternativos; e os modos de referência, ou seja, o conjunto de dados que serviu de referência para o modelo de simulação.

As variáveis chave selecionadas para o problema foram, em resumo: condições socioeconômicas do país e da população; capacidade do ensino superior (vagas); atendimento à demanda (candidatos/vaga); ocupação (matriculados e ingressantes/vaga); e metas estabelecidas. O comportamento evolutivo dessas variáveis serviu como modos de referência para o modelo. Como horizonte de tempo, ficou estabelecido o período de 1980 a 2008 para validação das informações, pois esse é o período disponível nas estatísticas disponibilizadas pelo INEP. Para análise de

cenários, o período se estende até 2050, em função de previsões da população existentes junto ao IBGE.

ETAPA 2 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE DINÂMICA

O objetivo dessa etapa é formular uma hipótese que explique a dinâmica como consequência da estrutura interna do sistema, por meio da interação entre as variáveis e agentes representados no modelo, incluindo regras de decisão. Dessa forma, torna-se possível explorar os padrões de comportamento criados por essas regras e estruturas e inferir como o comportamento pode mudar se estruturas e regras forem alteradas.

Para capturar essas estruturas, foi elaborado um Diagrama de Enlace Causal. Conforme apresentado na seção 3.4.5.1, esse tipo de diagrama apresenta as relações de causa e efeito entre as variáveis do modelo. A elaboração do diagrama, apresentado na seção 5.2, além de permitir o entendimento dessas relações, serve de ponto de partida para o desenvolvimento dos diagramas de estoque e fluxo e do modelo de simulação.

ETAPA 3 - CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

A primeira atividade dessa etapa é a elaboração dos diagramas de Estoque e Fluxo. Esses diagramas detalham o diagrama de enlace causal e representam a modelagem *hard* de Dinâmica de Sistemas. A partir dos diagramas de estoque e fluxo, são definidas as equações que determinam as interações, as regras de decisão e os atrasos do sistema e permitem as simulações.

Essa etapa foi elaborada com o auxílio do software *iThink*® 9.1.2, versão *Student*. A escolha por esse *software* baseou-se no fato de possuir uma interface mais amigável que os demais, especialmente na construção das equações e no painel de simulação (simulador de voo gerencial). A figura 12 traz a interface de equações do *iThink*® 9.1.2 *Student*.

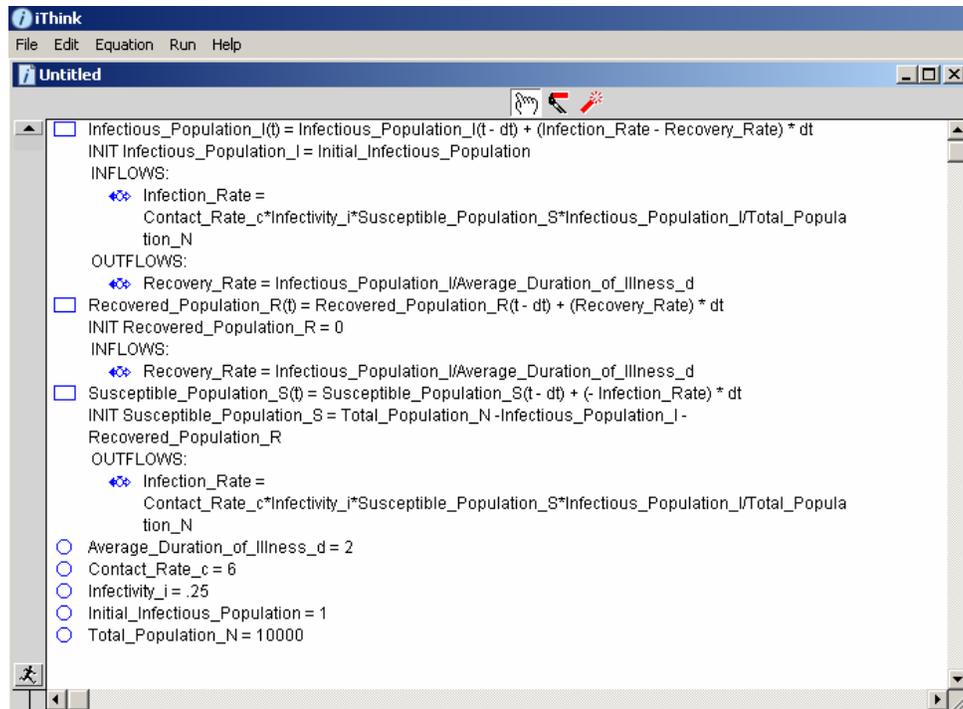


Figura 12. Interface de equações do iThink® 9.1.2 Student
Fonte: iThink® 9.1.2

ETAPA 4 – VALIDAÇÃO DO MODELO

Segundo Sterman (2000, pg. 103), “validação inicia tão logo você escreve a primeira equação”. Já na página 846, o autor coloca que “validação e verificação são impossíveis”. Isso ocorre porque modelos são simplificações da realidade, não podem (e nem têm a intenção) captar todos os dados e fatos reais. Seguindo essas premissas, o processo de verificação e validação não teve apenas um passo isolado, ocorrendo

durante todas as etapas de construção do modelo. Também tiveram o objetivo de avaliar o *comportamento* do sistema, ou seja, formato e tendência das curvas de dados resultantes dos experimentos, e não uma análise numérica desses dados.

Apesar da validação ocorrer em todas as etapas, é possível identificar as principais verificações realizadas. A primeira delas foi o teste em condições extremas, que consistem em condições que nunca seriam observadas no mundo real (STERMAN, 2000). A principal condição testada foi a inexistência de demanda para o ensino superior (nenhum concluinte do ensino médio).

O segundo tipo de verificação realizada foi a análise de sensibilidade, que consiste em analisar mudanças que variáveis numéricas ou fixas podem provocar em todo o sistema. Foram testados os valores iniciais dos estoques, além das variáveis numéricas presentes no modelo.

Por fim, foi feita a comparação com modos de referência, com dados reais observados. Foram comparados, de forma qualitativa, resultados para matriculados e concluintes do ensino médio; candidatos, ingressantes, matriculados, concluintes e vagas no ensino superior de graduação. Todas as análises estão descritas na seção 5.7.

ETAPA 5: EXPERIMENTAÇÃO DO MODELO – ANÁLISE DE CENÁRIOS

A última etapa consiste em experimentação do modelo, por meio de mudanças em políticas, estratégias e regras de decisão. Para essa etapa, foram especificados *cenários alternativos* e sua interação com as estratégias. Essa etapa teve o objetivo de avaliar o potencial de uso e de aprendizado da ferramenta, e os resultados constam do capítulo 6.

A figura 13 resume o projeto de pesquisa. Ainda que na figura estejam indicadas precedências e uma certa ordenação, na verdade, algumas etapas são fluidas. Por exemplo, durante a construção dos diagramas de estoque e fluxo e a modelagem das equações, foram realizados alguns testes, que resultavam em correções do modelo e assim sucessivamente. Ainda assim, a figura 13 representa as macro etapas mais significativas da metodologia.



Figura 13 - Projeto de pesquisa

Fonte: Elaboração própria

5 O MODELO

Nesse capítulo o modelo desenvolvido é apresentado. Em primeiro lugar, são feitas algumas considerações a respeito do processo de modelagem, que foi orientado pela metodologia proposta. Em seguida, apresenta-se o Diagrama de Enlace Causal, que estabelece a leitura macro do modelo e as relações de causa e efeito entre as principais variáveis. Na sequência, são detalhados os Diagramas de Estoque e Fluxo, que permitem a construção do modelo computacional de simulação.

5.1 O PROCESSO DE MODELAGEM

Segundo Sterman (2000), o processo de modelagem não deve levar em consideração somente informações quantitativas, tampouco o modelo deve simplesmente reproduzir as equações de regressão entre as variáveis estudadas. O que importa são as estruturas internas, as relações entre as entidades do modelo. A construção do modelo, apresentado a seguir, esteve baseada nas seguintes bases de informações:

- Referencial teórico e conceitual apresentado no Capítulo 2, permitindo a elaboração das primeiras hipóteses dinâmicas;
- Dados quantitativos sobre o ensino superior e o básico disponíveis nas sinopses estatísticas divulgadas pelo INEP (INEP, 1980:2008), informações sobre população e indicadores socioeconômicos disponibilizados pelo IBGE (IBGE, 2009) e pelo IPEA (IPEA, 2009), análises e estudos conduzidos pela Unesco, por consultores ou especialistas em educação superior;

- Relações entre os dados quantitativos obtidos, investigadas por meio de correlação linear e análise da evolução dos indicadores verificada por meio de gráficos.

A partir dessa base, foram desenhados dois tipos de diagramas que descrevem o modelo, além das equações que permitem a simulação. O *Diagrama de Enlace Causal* e os *Diagramas de Estoques e de Fluxos* são apresentados a seguir. A descrição do modelo vem acompanhada de uma explanação do processo de criação do mesmo. As equações estão apresentadas no Anexo A.

5.2 DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL

O Diagrama de Enlace Causal procura explicitar um modelo mental, representando as principais relações e laços reforçadores do sistema em análise. O diagrama foi construído com base nas informações citadas na seção anterior.

A educação no Brasil tem como princípio a coexistência de instituições de ensino públicas e privadas. No ensino superior de graduação, os setores público e privado, regulados pela União (na sua maioria), buscam um equilíbrio tanto na absorção da demanda quanto no atendimento das metas nacionais para educação. Esse equilíbrio é representado no Diagrama de Enlace Causal (ver figura 14). Esse tipo de comportamento e estrutura pode ser comparado ao *goal seeking*, apresentado anteriormente na figura 9, em que uma meta direciona ações corretivas para determinar o estado do sistema. No presente modelo, as metas direcionam incentivos aos setores público e privado, o que foi rotulado *Políticas* e o equilíbrio é dado por meio da *atratividade* entre os dois setores.

A análise isolada das informações disponíveis para o setor público e o setor privado permitiu identificar um comportamento semelhante ao *crescimento em S* apresentado na figura 11. Esse tipo de estrutura prevê um crescimento acelerado no

início, em função de uma adequação de recursos, e desaceleração até atingir o limite de capacidade do sistema. Neste modelo, os recursos estão representados pelos *incentivos* advindos das *políticas*. Para o setor *público* e para o *privado* existem enlaces reforçadores que estimulam um crescimento mais acelerado no início, e enlaces balanceadores, que delimitam a capacidade máxima de expansão. Além disso, a capacidade do sistema não é fixa.

Essa capacidade é delimitada pela demanda para o ensino superior, na base do diagrama. A demanda é limitada pelo crescimento da população, pela oferta e procura do ensino médio e pelas condições socioeconômicas. Dessa forma, os principais elementos presentes no Diagrama de Enlace Causal são: *demanda para o ensino superior; políticas para o ensino superior; setor público; setor privado; e a atratividade* entre os dois setores.

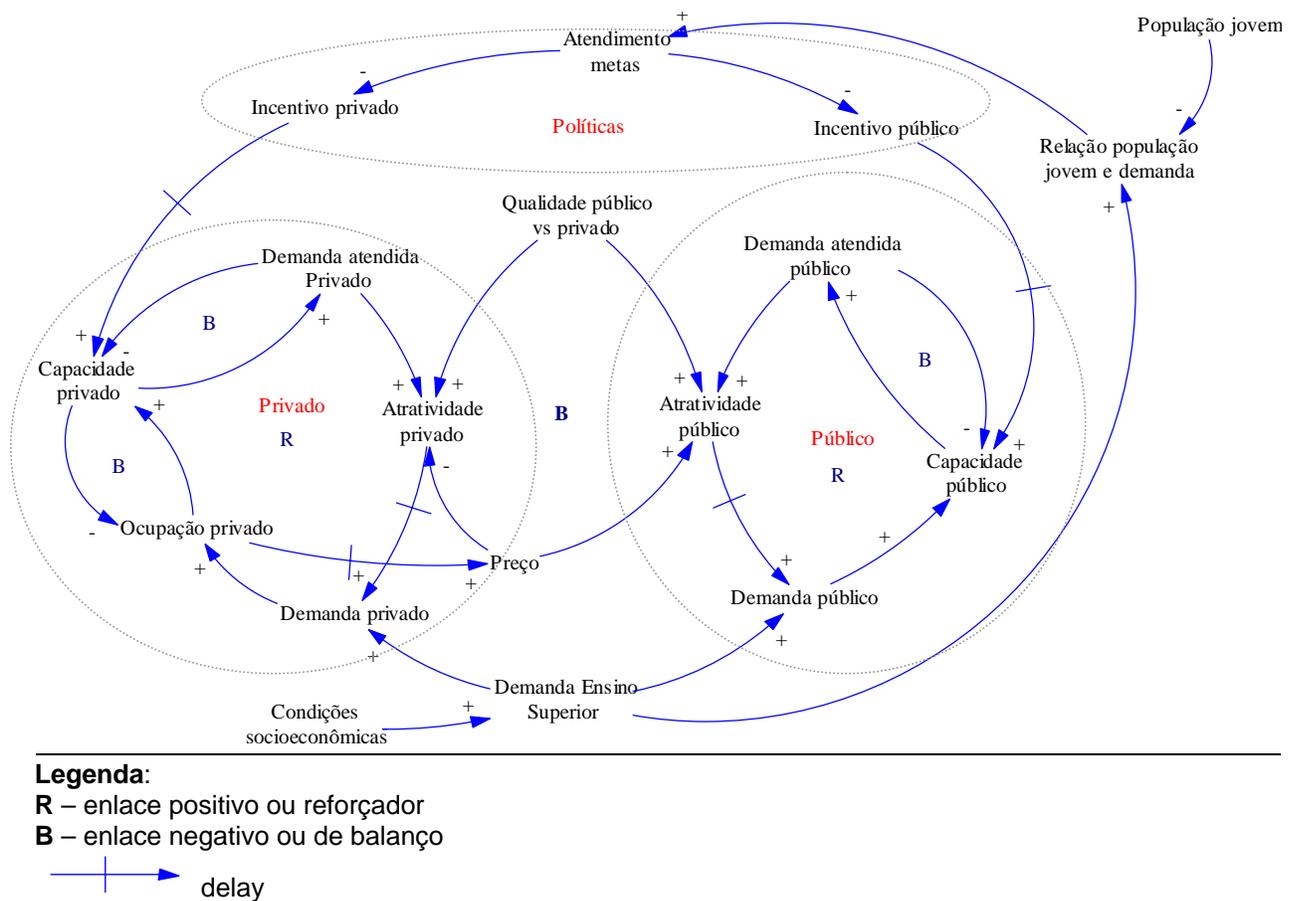


Figura 14 - Diagrama de enlace causal
 Fonte: Elaboração própria

A *demanda para o ensino superior* tem como elemento central os concluintes do ensino médio. Segundo estudo do IPEA, o ensino médio foi identificado como o principal gargalo da educação no Brasil, em função da oferta reduzida (UOL, 2009). Como este nível é requisito de acesso à educação superior, também se torna um gargalo para o ensino de graduação, impactando diretamente na demanda (PORTO; RÉGNIER, 2003; DALVI *et al.*, 2005).

No final de 2009, foi sancionada a Lei 12.061/2009, que universaliza o ensino médio no país, assegurando o acesso de todos os interessados ao ensino médio público. Isso significa que os Estados, responsáveis por este nível de ensino, ficam obrigados a ofertar ensino médio para toda demanda existente. Segundo o autor do projeto de lei, para que oferta e demanda se aproximem, ainda há necessidade de aprovar a obrigatoriedade do ensino médio, assim como já acontece no ensino fundamental (AGÊNCIA SENADO, 2009).

Apesar da atual oferta reduzida do ensino médio, o ensino superior não consegue absorver todos os seus concluintes, que acabam tentando ingressar no ensino superior várias vezes. Em outros casos, as pessoas aguardam a estabilidade profissional para somente depois ingressar na graduação. Outras vezes, a profissão ou cargo exige um diploma para permanência no mercado de trabalho. Essas pessoas caracterizam uma *Demanda Reprimida*.

Por fim, a conclusão do ensino médio não é condição suficiente para o ingresso ou permanência em um curso de graduação. Conforme afirma McCowan (2007) e Braga (2010), no Brasil o acesso à educação é privilegiado àqueles que pertencem a famílias de classe social e condições econômicas mais elevadas. Para confirmar essa afirmação, foram realizadas análises de correlação de Pearson e de Spearman entre os indicadores econômicos (Índice de Gini, que mede a distribuição da riqueza de uma nação; Produto Interno Bruto, PIB *per capita*; e Índice de Desenvolvimento Humano, IDH, que verifica as condições de vida da população) e os indicadores do ensino superior (número de cursos, de matriculados, de vagas e de Instituições). Os resultados

da correlação de Pearson apresentaram altos coeficientes entre todos os indicadores, enquanto que para a correlação de Spearman IDH e PIB *per capita* apresentaram coeficientes relevantes. Dessa forma, a demanda para o ensino superior é modelada como resultado dos concluintes do ensino médio, da demanda reprimida e das condições socioeconômicas da população.

As *políticas para o ensino superior* são definidas pela União e pelo do Ministério da Educação, por meio de regulamentação para autorizações e reconhecimentos de instituições e cursos, sistemas de avaliações e suas consequências, além de financiamentos diretos para as instituições públicas, isenções fiscais para as privadas, e autorização para conceder diplomas de validade legal para ambas (SCHWARTZMAN, 2008). O PNE estabelece metas de atendimento da população jovem de 18 a 24 anos no ensino superior. A combinação dessas políticas é traduzida em *incentivos* à criação de novas vagas de graduação, tanto no setor público quanto no privado. A percepção desse incentivo, aliada à demanda observada, sugere a necessidade (ou oportunidade) de ampliação, manutenção ou redução da capacidade de atendimento instalada.

Os enlaces mais importantes da figura 14 são os que representam os setores *público* e *privado*. São eles que compreendem a capacidade de atendimento de cada um desses setores e, por consequência, do sistema como um todo, como resposta às políticas para o ensino superior e à demanda. Esses setores possuem um enlace reforçador e enlaces de balanço, que caracterizam uma estrutura semelhante ao da *curva em S*. No enlace reforçador, está a capacidade de crescimento do setor impulsionada pela *demanda* e pelo *incentivo* percebido: quanto maior a demanda e maior o incentivo, mais cresce o número de vagas, aumentando assim a atratividade do setor, fechando o enlace reforçador. No entanto, como a demanda é limitada, em determinado momento as vagas deixam de ser ocupadas e o sistema busca equilíbrio (enlaces balanceadores), fazendo com que o sistema pare de expandir. No setor privado, há ainda a questão da precificação: quanto maior a demanda, mais cresce o preço. Se a capacidade começa a ficar ociosa, o preço tende a cair.

O equilíbrio entre os dois setores é dado pela *atratividade*. A atratividade leva em consideração as variáveis *qualidade*, *concorrência* (relação candidatos/vaga), e *preço*,

inspirada no modelo desenvolvido por Carvalho (2001). A variável *qualidade* foi modelada partindo do Conceito Preliminar de Curso, CPC, um dos indicadores do SINAES usado como referencial para regulamentação dos cursos. O CPC é um indicador relativo dos cursos no Brasil, por isso, a variável foi modelada como um percentual de cursos que não obtém conceito mínimo de aprovação e, portanto, podem não obter reconhecimento legal (MEC, 2008). Essa atratividade direciona a demanda para um setor ou outro. Dessa forma, estabelece-se o modelo proposto para analisar a dinâmica da educação superior no Brasil, no que se refere ao equilíbrio entre *setor público* e *setor privado* no nível de graduação.

A próxima seção apresenta o diagrama de estoque e fluxo derivado do diagrama de enlace causal.

5.3 DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO

O diagrama de Estoques e Fluxos apresenta o problema como um conjunto de estoques, cujos níveis são controlados por fluxos de entrada e fluxos de saída. Esses fluxos são definidos com o auxílio de variáveis auxiliares ou conversores. Referido diagrama representa o primeiro passo para a modelagem computacional, para o modelo de simulação.

O Diagrama de Estoques e Fluxos foi construído usando o software iThink 9.1.2 versão *Student* a partir dos elementos presentes no Diagrama de Enlace Causal. Foi utilizado o recurso de modelar por *setores* (estrutura disponível no software) na tentativa de facilitar o entendimento ao dividir todo o sistema em diagramas menores. Apesar de serem apresentados separadamente, os setores são todos interligados por diversas estruturas do modelo que servem para mais de um setor, ou que representam o limite entre eles. Essas estruturas são apresentadas com um contorno pontilhado: são elementos criados originalmente em outro setor (ferramenta *ghost* do software).

Para entender a modelagem, é preciso primeiro apresentar os pressupostos presentes no modelo, apresentados no Quadro 1. Conforme já citado neste trabalho, um modelo é uma simplificação da realidade, mas é necessário tentar delimitar essas simplificações.

- O modelo é focado na capacidade do sistema de educação superior, representada por meio de vagas. Não há preocupação com o número de instituições.
- Não existe transferência de alunos entre os setores público e privado.
- No setor público, as vagas são fechadas somente em função do sistema regulatório (SINAES).
- A demanda representa os candidatos aos processos seletivos. Sabe-se que um candidato pode concorrer em mais de uma instituição; mas, como essa situação não tem controle, não é considerada no modelo. Ou seja, os candidatos, individualmente, são direcionados ou para o setor público ou para o privado.
- O modelo não mede eficiência interna dos setores público e privado.
- Não é modelada a concorrência interna de cada setor.
- Não há distinção entre tipos de instituições (universidades, centros universitários, faculdades).
- No setor privado, não há distinção entre privadas em estrito senso e comunitárias, filantrópicas e confessionais.
- A variável Qualidade é dada como uma parcela dos cursos avaliados anualmente, por meio do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade), que não obtém o conceito mínimo para reconhecimento ou renovação de reconhecimento.

Quadro 1 – Pressupostos do modelo

Fonte: Elaboração própria

A seguir, o diagrama de estoque e fluxo é apresentado, por meio dos setores que o compõem.

5.3.1 Demanda para o Ensino Superior

A demanda para o ensino superior está baseada no ensino médio, na demanda reprimida e nas condições socioeconômicas da população. Para modelar o ensino médio, foram analisados os dados do censo escolar disponíveis no INEP: matriculados e concluintes do ensino médio. Com apenas essas duas informações em mãos, foi necessário analisar as relações entre elas e estabelecer os demais fluxos, conforme descrição a seguir.

O ensino médio é representado por uma estrutura de estoque (*Matriculados EM*), com fluxos de ingresso e saída. Este estoque foi definido como *conveyor*, ou seja, cada aluno que entra fica um período de tempo pré-determinado e depois sai (*Conclusão EM*), e existe um fluxo de escape (*Evasão EM*). O tempo em que os alunos ficam matriculados foi determinado pelo tempo regular previsto para o ensino médio mais uma parcela de retenção em função de reprovação. *Evasão EM* foi determinado por meio da relação entre matriculados e concluintes.

O fluxo de ingresso (*Ingressos EM*) é determinado por uma razão da população jovem estabelecida em uma função gráfica no modelo. A idade ideal para cursar o ensino médio é de 15 a 17 anos. No entanto, os dados sobre população no IBGE estão agrupados na faixa de 15 a 19 anos e, por isso, foi utilizada uma aproximação no modelo, uma vez que a correlação linear entre a população nesta faixa de idade e os matriculados é de 0,94.

A obrigatoriedade do ensino médio está modelada na forma de um “interruptor” associado a um retardo de tempo (*Delay cumprimento EM*), possibilitando análise com ou sem a obrigatoriedade do ensino médio. Adicionalmente, considerou-se que, mesmo sendo esse nível de ensino obrigatório, a totalidade dos jovens não seria atingida e, por isso, foi criada a variável auxiliar *EM máximo*.

Para demanda reprimida não foi identificada mensuração formal; por isso, foi assumido um modelo baseado na saída do ensino médio (*Conclusão EM*), em que uma

parcela dos concluintes concorre diretamente ao ensino superior, outra parcela ingressa (ou já está inserida) no mercado de trabalho e somente depois de um tempo resolve ingressar no ensino superior. Essa modelagem é traduzida em dois estoques: os que vão primeiro para o *Mercado de Trabalho*, permanecem por um período de tempo, podem desistir definitivamente do ensino superior (*Desiste ES*) ou tentar o ingresso (*Volta ao ES*). Estes ingressam no estoque *Demanda ES Reprimida*, que representa a demanda reprimida propriamente dita.

Para modelar as condições socioeconômicas da população, foi escolhido o PIB *per capita*, uma vez que este é um indicador *individual*. Os fluxos de saída, tanto dos concluintes do ensino médio quanto da Demanda Reprimida, são determinados por uma função decorrente do PIB *per capita*. A evolução do PIB *per capita* foi obtida junto ao Ipeadata (IPEA, 2009), com os valores até 2007, atualizados pelo dólar.

Por fim, considera-se que o EaD possibilitou que uma parte da população que já havia desistido de voltar ao ensino superior, tenha uma nova possibilidade de retornar aos estudos, em função das vantagens desta modalidade (que não serão abordadas neste trabalho). Por isso, a demanda tem um acréscimo, representada pela variável *Demanda Ead*, associada a um retardo de tempo dessa demanda (*Delay demanda EaD*).

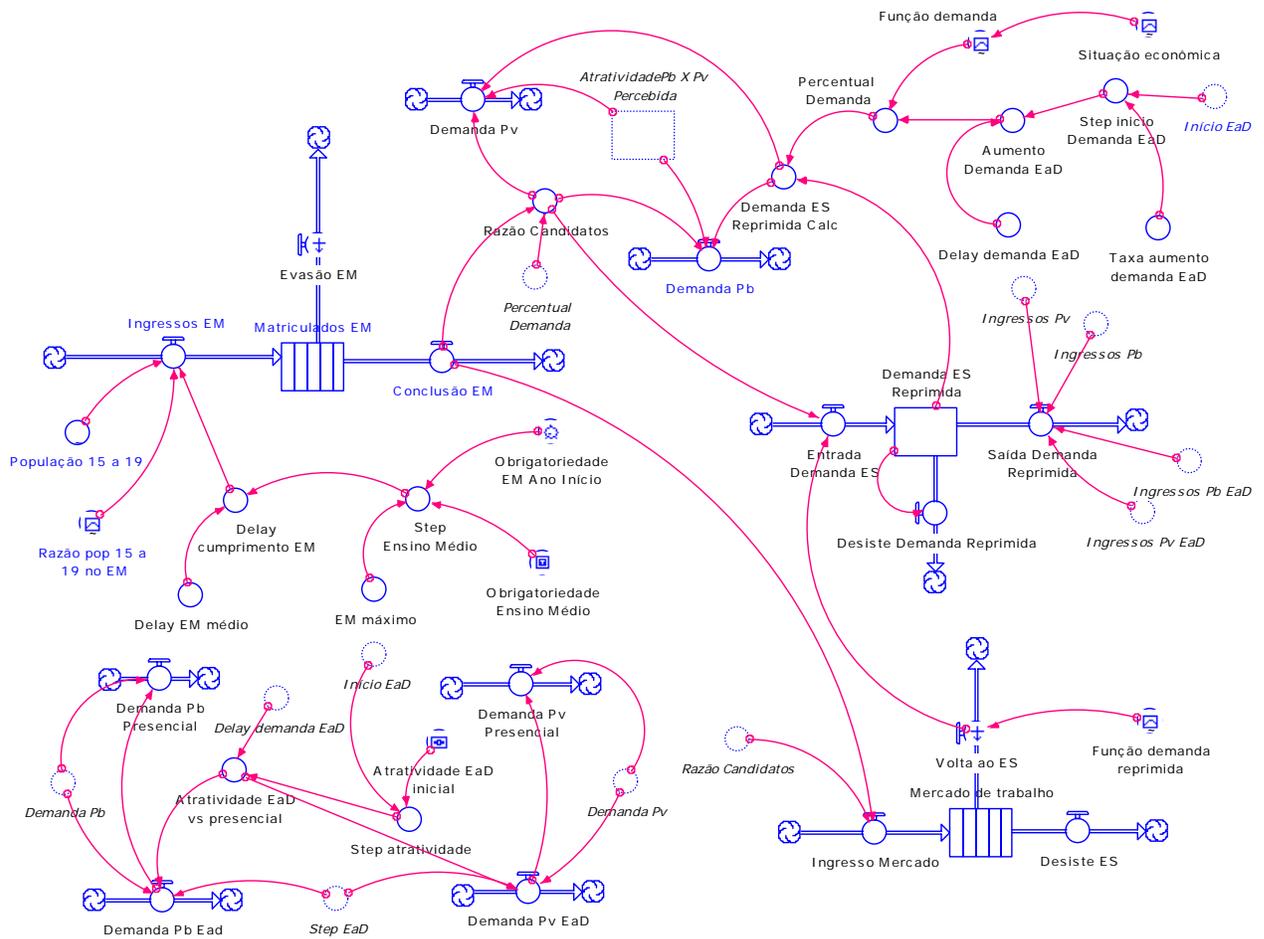


Figura 15 - Demanda para o ensino superior
Fonte: Elaboração própria

A figura 15 contém a representação da demanda para o ensino superior completa. Observa-se que existem outros elementos que direcionam a demanda: a atratividade do setor público em relação ao privado, explorado na seção 5.3.4, e a atratividade do EaD em relação ao presencial. Esta relação é modelada por meio de uma variável auxiliar associada a um retardo de tempo (*delay*).

5.3.2 Políticas para o Ensino Superior

As políticas para o ensino superior podem ser consideradas como aspectos intangíveis ou abstratos, quando a modelagem pode parecer impossível. No entanto, em ISEE System (2009) sugere-se que, em algumas situações, a solução seja modelar situações *soft* na forma de uma escala entre 0 e 1, solução que foi adotada neste caso. A coexistência dos setores público e privado é definida por meio das variáveis auxiliares *Privado* e *Público*, que representam a intensidade do incentivo ao setor público ou ao setor privado. Além dessas, a variável *LDB* indica a amplitude complementar do incentivo a partir da publicação desta lei, enquanto que a variável *Reuni* indica a amplitude de incentivo complementar ao setor público.

A principal meta para o ensino superior é representada como uma proporção de jovens de 18 a 24 anos matriculados no ensino superior, como medida de sucesso da meta estabelecida no Plano Nacional de Educação de prover oferta para pelo menos 30% dessa população até 2010 (BRASIL, 2001). Como existe uma distorção entre a idade ideal e a idade em que os alunos cursam o ensino de graduação, o modelo prevê uma variável auxiliar *distorção idade-série*.

A comparação entre o número de matriculados corrigidos pela distorção idade-série com a meta é verificada por meio da variável *discrepância*, conforme mostra a equação 4. A discrepância entre a meta e os alunos matriculados, verificada no modelo, aumenta ou diminui a amplitude do incentivo à abertura de novas vagas no ensino superior.

$$\text{Discrepância} = \text{Min} (1, ((\text{Matriculados_Pv} + \text{Matriculados_Pb} + \text{Matriculados_Pv_EaD} + \text{Matriculados_Pb_EaD}) * \text{Distorção_idade}) / \text{Meta_calculada})) \quad (4)$$

No setor privado, o incentivo a vagas é determinado também pelas variáveis *Privado* e *LDB* e pelo percentual da demanda atendida por esse setor. Já no setor público, o incentivo depende também do orçamento aprovado para educação e para o ensino superior, sendo um limitador na geração e manutenção de vagas. Carvalho

(2001) definiu, em seu modelo, um orçamento fixo da União para o ensino superior, conceito adotado de forma adaptada neste trabalho. Enquanto no modelo de Carvalho (2001) o orçamento foi definido como a soma entre o valor previsto pela União mais o valor oriundo das mensalidades de matrícula das IES públicas, no presente modelo esse orçamento é modelado como um estoque, cujos recursos iniciais têm como base o valor de 2007, acrescido gradativamente conforme previsto pelo Reuni (20% no valor de 2007). Além disso, o custo por discente também foi um dos limitadores considerados neste modelo. O INEP divulga anualmente os gastos por estudante e pode-se observar que, de 2003 a 2007, os investimentos por estudante no ensino superior têm se mantido em torno de R\$ 12.000,00 (valores reais, corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor – IPCA em 2007), valor utilizado como base no modelo.

No setor público, o incentivo a abertura de vagas na modalidade presencial ou a distância para o setor público é modelada como parte das políticas. A modelagem é feita por meio de uma variável auxiliar.

A figura 16 traz a modelagem completa das políticas para o ensino superior. Os elementos centrais são a discrepância (ou atendimento) em relação à meta de atendimento da população jovem, a coexistência dos setores público e privado, o incentivo às vagas de cada setor e o orçamento previsto para o setor público.

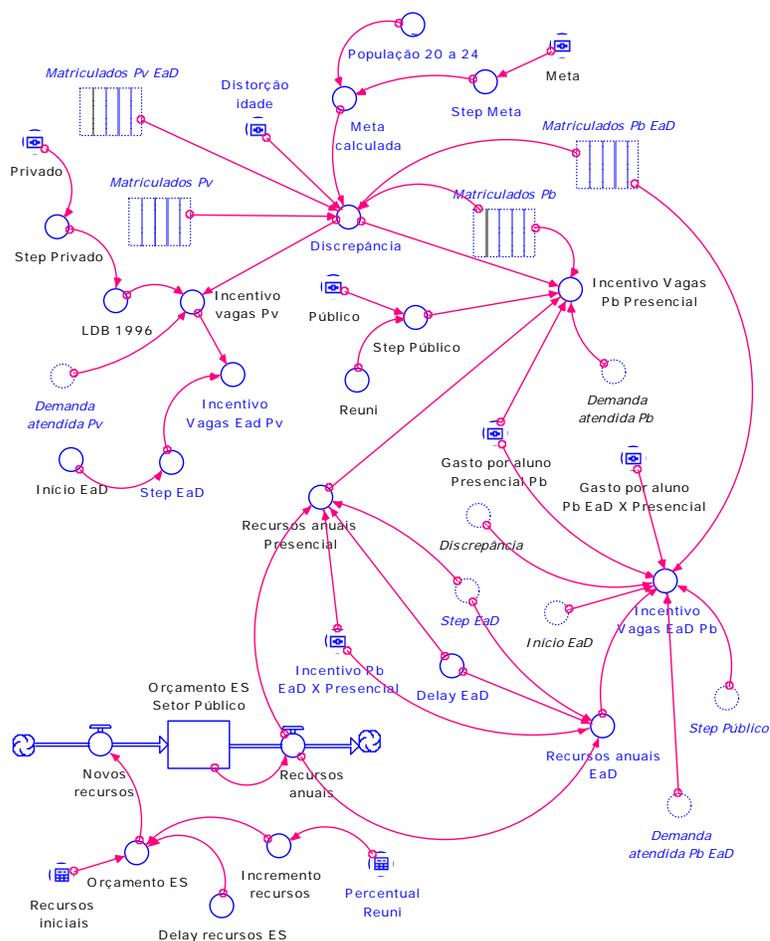


Figura 16 - Políticas para ensino superior

Fonte: Elaboração própria

5.3.3 Setor Público e Setor Privado

Os setores *Público* e *Privado* serão apresentados em conjunto, em função de suas similaridades. Cada setor é dividido ainda nas modalidades *presencial* e a *distância*. O setor privado considera também a política de preços de suas mensalidades como parte de sua política de manutenção e de oferta de vagas. Dessa forma, os módulos são assim chamados: *Setor Privado Presencial* (que engloba também *Definição de Preços Setor Privado*); *Setor Privado EaD*; *Setor Público Presencial* e *Setor Público EaD*.

Cada um dos módulos contém duas estruturas de estoques: *vagas* e *matriculados*. Os estoques referentes às vagas são mantidos por meio dos fluxos *criação de novas vagas* e *fechamento de vagas*. O número de vagas inicial de cada estoque é determinado por uma variável auxiliar. A criação de novas vagas dá-se em função do *incentivo percebido*, que é a tradução de *incentivo a vagas privado* e *incentivo a vagas público* associados a um retardo de tempo (delay) e a uma taxa de criação de vagas. O setor privado considera também um preço mínimo das mensalidades. A criação de vagas para o setor público é modelada conforme equação 5 e para o setor privado conforme equação 6.

$$\text{Criação_Vagas_Pb} = \text{INT} ((1 - \text{Demanda_atendida_Pb}) * \text{Incentivo_a_vagas_Pb_Percebido} * \text{Vagas_Pb} * \text{Taxa_Criação_Pb}) \quad (5)$$

$$\text{Criação_Vagas_Pv} = \text{IF} (\text{Preço_mensalidade} > \text{Preço_mínimo}) \text{ THEN INT} (\text{Incentivo_a_vagas_Pv_Percebido} * (1 - \text{Demanda_atendida_Pv}) * (\text{Vagas_Pv} * \text{Taxa_Criação_Pv}) * \text{Ocupação_Vagas_Pv}) \text{ ELSE } 0 \quad (5)$$

O fechamento de vagas ocorre em função de regulamentação do SINAES, que prevê suspensão ou extinção de vagas para cursos que não atendem requisitos aos mínimos de qualidade expressos nos instrumentos de avaliação do SINAES. Essa questão é modelada como uma variável auxiliar, que representa um percentual de cursos de baixa qualidade, uma vez que o principal indicador de avaliação de cursos, o CPC, representa escores relativos de todos os cursos do país. Além disso, partiu-se do pressuposto de que há diferença de qualidade entre os dois setores; por isso, foi criada a variável *Qualidade Pb vs Pv*. As equações 7 e 8 representam fechamento de vagas no setor público e no privado, respectivamente.

$$\text{Fechamento_Vagas_Pb} = \text{int}(\text{Vagas_Pb} * \text{Qualidade_Pb}) \quad (7)$$

$$\text{Fechamento_Vagas_Pv} = \text{int} ((\text{Qualidade_Pv} * \text{Vagas_Pv}) + (\text{IF} \text{ Preço_mensalidade} < \text{Preço_mínimo} \text{ THEN } \text{Vagas_Pv} * \text{Taxa_Fechamento_Pv} \text{ ELSE } 0)) \quad (8)$$

A permanência no setor, representada pelos estoques *Matriculados*, é determinada pelo tempo médio de conclusão dos cursos e pela taxa de evasão, distinta para público e privado e definidos a partir das informações divulgadas nos Censos da

Educação Superior (INEP, 1980:2009). A evasão foi determinada conforme equação 9, adotada por Silva Filho *et al.* (2007), sendo que os resultados foram adaptados ao tipo de modelagem usada.

$$E_n = 1 - (M_n - I_n) / (M_{n-1} - C_{n-1}) \quad (9)$$

Os ingressos são modelados de forma distinta nos dois setores. No setor público, a *Função Ingressos Pb* faz uso da ocupação de vagas média observada nos dados do Censo da Educação Superior. No setor privado, essa relação vem sofrendo uma queda desde 2003, sendo que, nos últimos anos, a ocupação de vagas está em torno de 50% (INEP, 2008). Por isso, o ingresso está atrelado também, além da demanda (representada pela função demanda), à *Situação Econômica* da população. Essa relação foi modelada para tentar captar o comportamento de declínio no percentual de ingressantes em relação ao número de vagas observado. As figuras 17 e 18 apresentam as estruturas completas para os setores público e privado na modalidade presencial.

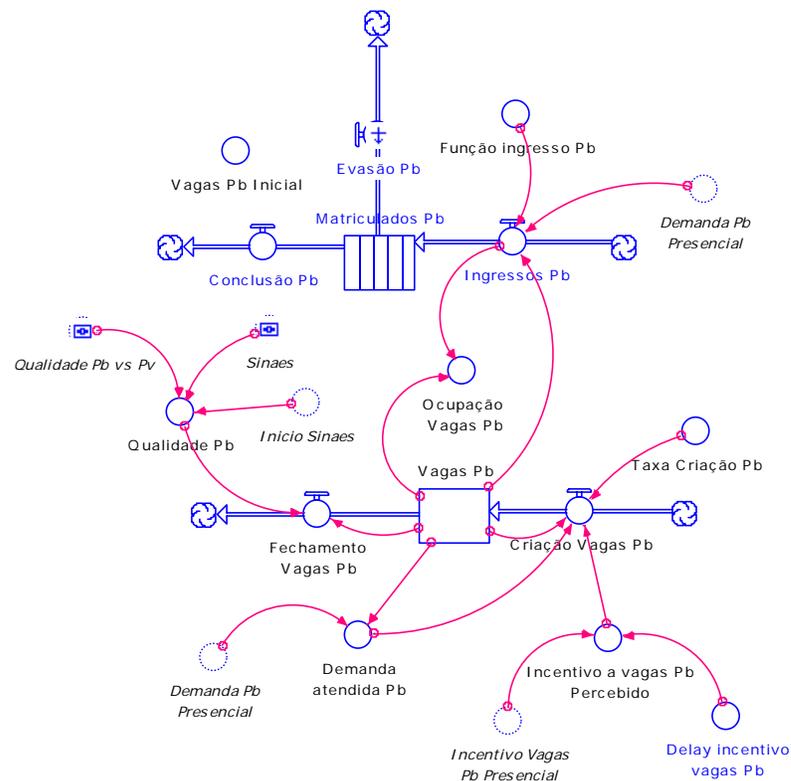


Figura 17 - Setor público Presencial

Fonte: Elaboração própria

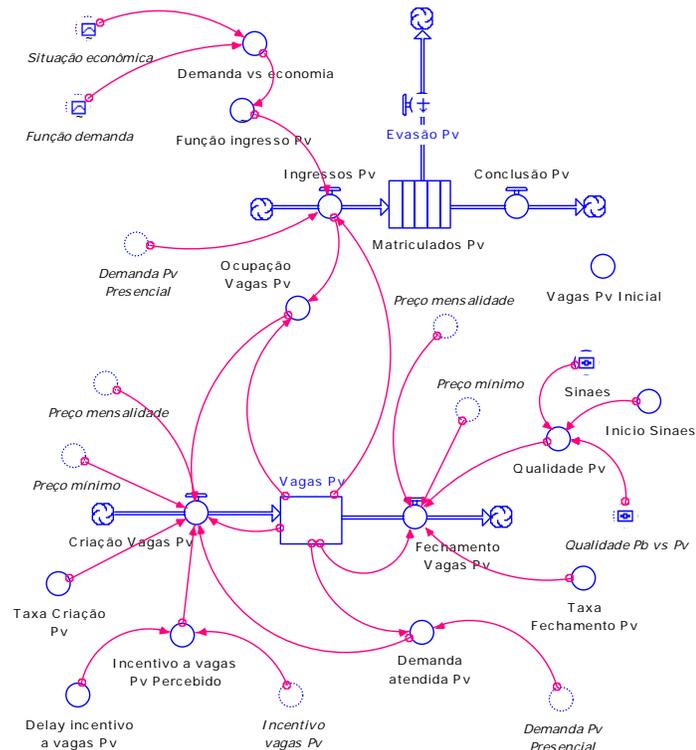


Figura 18 - Setor privado presencial

Fonte: Elaboração própria

No ensino a distância, embora as estruturas do modelo sejam semelhantes aos da modalidade presencial, algumas considerações adicionais são necessárias. O respaldo para oferta de graduação a distância está no artigo 80 da LDB de 1996, e regulamentado pelos Decretos 2.496 e 2.561 de 1998, revogados pelo Decreto 5.622 de final de 2005. Neste decreto estão definidos mecanismos para coibir abusos, como oferta desmensurada do número de vagas. Por isso, apesar de conceitos com vagas e relação candidato/vaga parecerem irrelevantes no EaD, estes foram mantidos no modelo, porque constam também dos referenciais mínimos de qualidade da Secretaria de Educação a Distância - SEED. Além disso, estes conceitos são aplicados para mensurar procura, demanda e oferta.

As informações sobre cursos a distância constam nas Sinopses da Educação Superior; porém, até 2007, não estavam discriminadas por tipo de instituição: pública ou

privada. Segundo esses dados, somente a partir de 2002 houve oferta de cursos nessa modalidade.

A permanência média no sistema para matriculados e dados sobre evasão foram assumidos como idênticos aos presenciais, pois ainda não há série histórica relevante sobre essas informações. As figuras 19 e 20 apresentam os diagramas referentes aos setores público e privado na modalidade a distância.

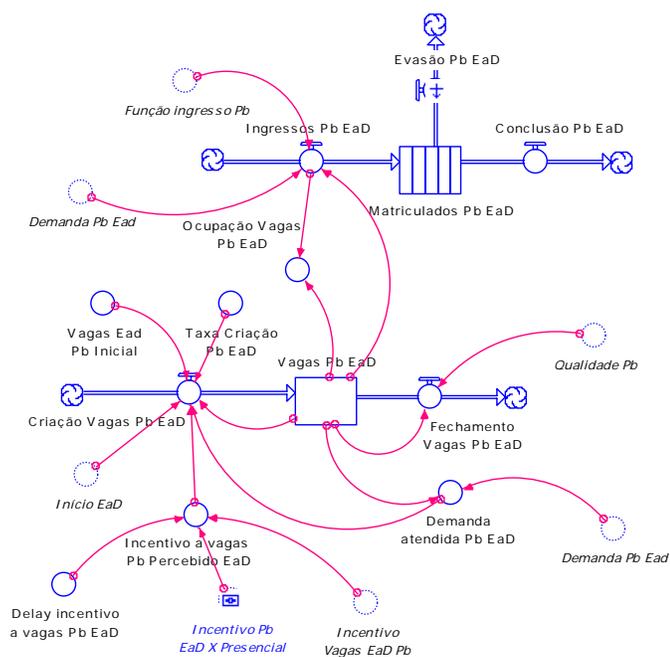


Figura 19 - Setor público EaD
Fonte: Elaboração própria

percentual de pessoas que participaram de algum processo seletivo e que foram aprovadas para ingresso. Quanto maior este percentual, maior será a atratividade.

A *atratividade baseada na qualidade* é representada por uma variável auxiliar (*Qualidade Pb X Pv*), que representa, percentualmente, a qualidade das instituições públicas em relação às privadas. Em Carvalho (2001), a qualidade era baseada na produção científica; no entanto, em 2004, foi aprovada no Brasil a Lei 10.806, que institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior, SINAES, como sistema oficial de avaliação da qualidade das IES e dos cursos de graduação.

Por fim, a *atratividade baseada no preço* está baseada em um preço esperado para o setor privado, uma vez que no setor público não há cobrança de mensalidade. Cada um dos três critérios é ponderado por meio de variáveis auxiliares, cujos pesos podem ser alterados para diferentes cenários. A mudança de percepção ocorre com um retardo de tempo (*Delay percepção*). A figura 22 traz a modelagem completa do módulo.

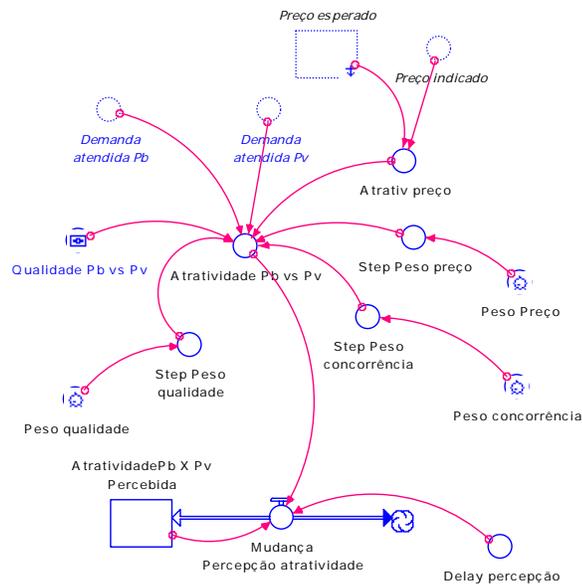


Figura 22 - Atratividade do setor público em relação ao privado

Fonte: Elaboração própria

5.4 MODELO COMPUTACIONAL DE SIMULAÇÃO

A partir do diagrama de estoque e fluxo, é possível construir um modelo de simulação, por meio da modelagem de equações que descrevem o relacionamento entre as variáveis. O *software* utilizado possui uma interface de equações, mas permite que essas sejam modeladas praticamente em paralelo com a construção do diagrama de estoque e fluxo.

O modelo final é um sistema de simulação que tem o objetivo de gerar aprendizado a partir do comportamento das variáveis. Segundo Andrade *et al.* (2006), um modelo computacional para análise de cenários deve conter: painel de entrada; gráficos, tabelas e controles de saída; modelagem das relações de causa e efeito. Estas relações estão presentes nas equações do Anexo A. As variáveis de entrada do sistema são apresentadas no Quadro 2.

- Estimativas e projeções da população jovem, *de 15 a 19 anos* e *de 20 a 24 anos*.
- Razão da população jovem de 15 a 19 no ensino médio.
- Situação socioeconômica (PIB *per capita*).
- Relação entre a situação socioeconômica e a demanda para o ensino superior.
- Percentual da demanda reprimida que se candidata ao ensino superior.
- Obrigatoriedade (sim/não) do ensino médio.
- Ano de início da obrigatoriedade do ensino médio.
- Percentual de aumento da demanda para o ensino superior em função do ensino a distância.
- Atratividade do ensino a distância em relação ao ensino presencial.
- Atratividade do setor público em relação ao privado: *peso da qualidade, peso do preço e peso da concorrência*.
- Qualidade do setor público em relação ao privado.
- Meta de atendimento de jovens no ensino superior.
- Distorção idade-série.
- Incentivo a vagas para o setor público.
- Incentivo a vagas para o setor privado.
- Percentual de cursos com baixa qualidade (SINAES).
- Recursos destinados à educação.
- Percentual de aumentos recursos (Reuni).
- Gasto por aluno máximo esperado no setor público.
- Gasto por aluno máximo esperado no ensino a distância no setor público.
- Incentivo ao ensino a distância no setor público.
- Número de vagas e de matriculados inicial no setor público e no setor privado.
- Relação entre demanda e ingressantes no setor privado.
- Preço inicial e preço mínimo no setor privado.

Quadro 2 – Entradas do sistema

Fonte: elaboração própria

Uma das vantagens do uso de Dinâmica de Sistemas como modelagem está na possibilidade de criação de um *simulador de voo gerencial*, conforme chamam Andrade *et al.* (2006) e Sterman (2000). Esse simulador permite alterar parâmetros ou variáveis

de entrada do modelo para verificar seu efeito em todo o sistema. As variáveis de entrada fazem parte desse painel de controle. O software iThink 9.1.2 permite vários tipos de recursos para ajustes ou configurações de variáveis. Foram escolhidos cinco tipos para esse modelo:

- *List input device*: permite inserir os dados em uma lista.
- *Slider e Knob*: permite indicar o valor de uma variável dentro de limites mínimo e máximo determinados pelo modelador.
- *Switch*: funciona como um interruptor, intercalando o valor de uma variável entre 0 (zero) e 1 (um).
- *Graphical function*: permite desenhar livremente as relações entre duas variáveis.

A figura 23 apresenta o painel do *Simulador de voo gerencial*.

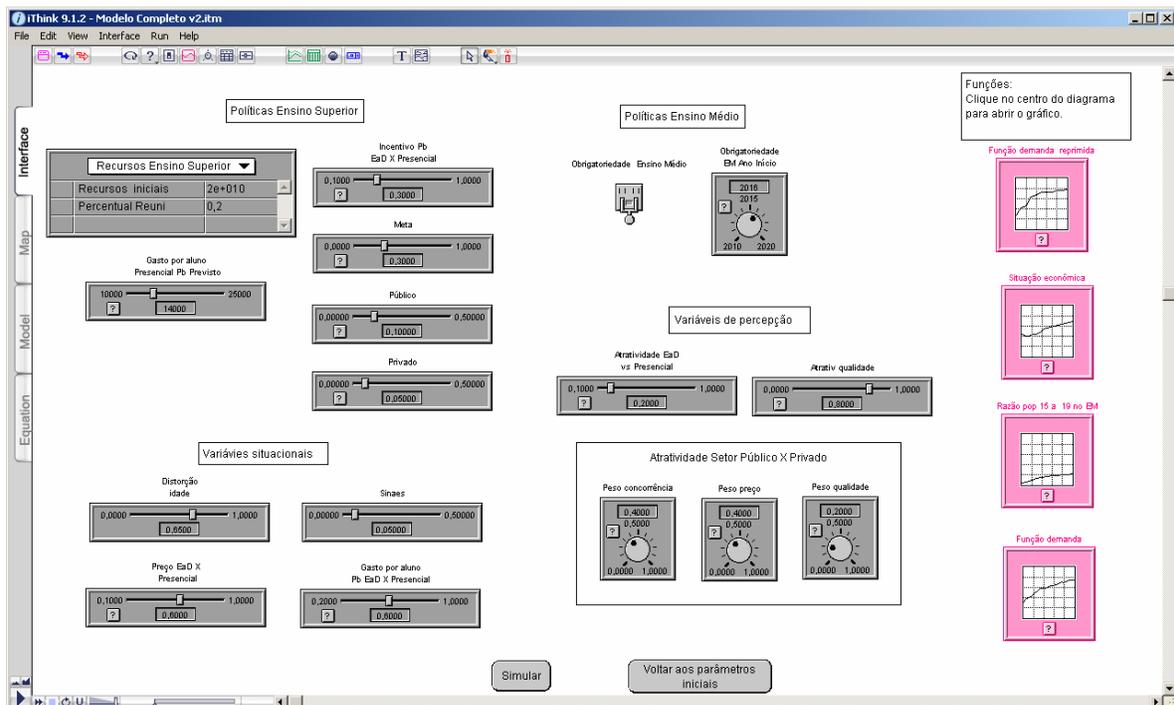


Figura 23 – Painel do simulador de voo gerencial

Fonte: Elaboração própria

Além de um painel de controle para as variáveis de entrada, o software permite a elaboração de um painel de saída. As variáveis de saída são apresentadas no Quadro 3, e apresentadas em gráficos e tabelas, conforme figura 24.

- Vagas presenciais e a distância no setor público.
- Vagas presenciais e a distância no setor privado.
- Número de alunos matriculados no ensino presencial e no ensino a distância no setor público.
- Número de alunos matriculados no ensino presencial e no ensino a distância no setor privado.
- Discrepância ou percentual de atendimento da meta.
- Ocupação da capacidade no setor público.
- Ocupação da capacidade no setor privado.
- Percentual de demanda atendida no setor público.
- Percentual de demanda atendida no setor privado.
- Ingressantes no setor público.
- Ingressantes no setor privado.
- Concluintes no setor público.
- Concluintes no setor privado.
- Preço médio das mensalidades no setor privado.
- Concluintes do ensino médio.
- Demanda reprimida.
- Atratividade do setor público em relação ao privado.

Quadro 3 – Variáveis de saída do modelo

Fonte: elaboração própria

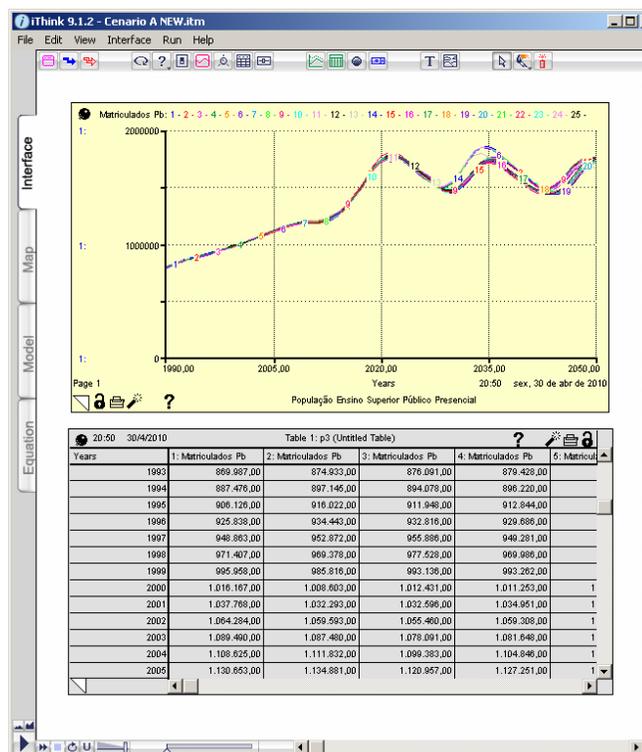


Figura 24 – Painel de Saída
Fonte: elaboração própria

5.5 VALIDANDO O MODELO

O processo de criação do modelo não é linear, com cada etapa iniciando no ponto em que a anterior foi concluída. Sterman (2000, p. 103) chega a afirmar que “a validação inicia tão logo você escreve a primeira equação”. Por isso, durante o processo, vários testes foram efetuados a cada alteração do modelo. Quando o modelo foi considerado concluído, testes mais abrangentes foram aplicados e novos ajustes foram realizados. Os principais testes realizados foram análise de situações extremas, análise de sensibilidade e comparação com dados reais observados.

Os testes em situações extremas compreendem testes em situações limítrofes do sistema real. Neste modelo, foram consideradas situações em que os dados de entrada eram nulos. Para todos os casos, o sistema respondeu adequadamente.

A análise de sensibilidade tem como objetivo verificar discrepâncias entre o comportamento esperado e o resultado da simulação, especialmente com variáveis numéricas e com valores iniciais de estoques do modelo. O *software* iThink 9.1.2 permitiu realizar esses testes para valores iniciais dos estoques e para variáveis numéricas de entrada configuráveis por meio do painel do simulador de voo gerencial. Em todos os testes, foram realizadas cinquenta simulações com variação incremental da variável analisada, segundo procedimento adotado em Ford e Flynn (2005). Em alguns testes, verificou-se a necessidade de calibrar novamente os valores ou reajustar o modelo.

No caso dos valores iniciais dos estoques, observaram-se duas situações. Na primeira, verificou-se que o modelo requer um tempo de aquecimento ou calibragem, conforme mostra o exemplo indicado no gráfico 6. Após um período de ajuste, o sistema encontra um equilíbrio. Verificou-se essa situação para estoques que representam saídas do modelo.

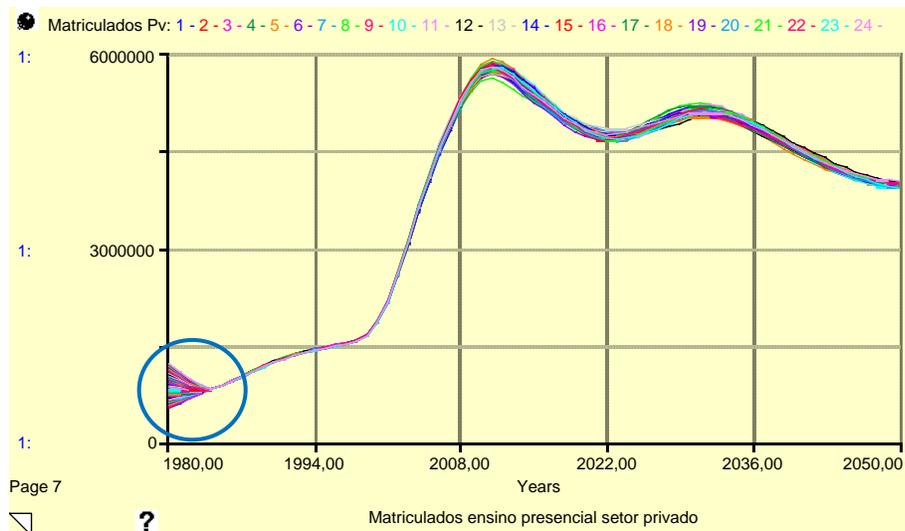


Gráfico 6 - Resultado da análise de sensibilidade para *Matriculados Pv*
 Fonte: elaboração própria

Já para os estoques que representam entradas do sistema, o sistema apresentou curvas de evolução distintas para cada situação. Esse comportamento foi considerado esperado. Em todos os demais testes de análise de sensibilidade, o sistema respondeu adequadamente.

Por fim, foram feitas comparações entre os dados reais observados e os dados simulados. Sterman (2000) sugere que, para avaliar se o modelo gera padrões de comportamento observados no sistema real, sejam feitas comparações qualitativas das saídas do modelo com os dados reais, comparando comportamento, formato das curvas das variáveis e assimetrias.

Essa comparação foi realizada, de forma qualitativa, com as variáveis para as quais existem dados históricos: alunos matriculados e concluintes no ensino médio; alunos ingressantes, matriculados e concluintes; vagas ofertadas; candidatos no ensino superior. As informações estão disponíveis para o período de 1980 a 2008, no caso do ensino superior, e de 1986 a 2008 no caso do ensino médio. No entanto, a comparação foi realizada para o período de 1990 a 2008, em função da necessidade de haver um tempo de calibragem do modelo.

O sistema foi novamente submetido a cinquenta experimentos. A média dos resultados foi utilizada para fazer as comparações com os dados reais. Essa comparação foi realizada por meio de gráficos de tendência, com os dados reais e a média dos dados simulados, conforme apresentado a seguir.

Os gráficos 7 a 11 apresentam as informações do setor público. No gráfico 7 constam os dados de candidatos no setor público. A curva dos dados observados tem um pico entre 2002 e 2005 que não foi capturado pela simulação. Esse pico pode ser resultado de alguma estrutura de *feedback* acentuada na demanda. Além disso, os dados dos candidatos sempre têm uma certa distorção que não é possível ser mensurada, pois uma mesma pessoa pode participar de vários processos seletivos.

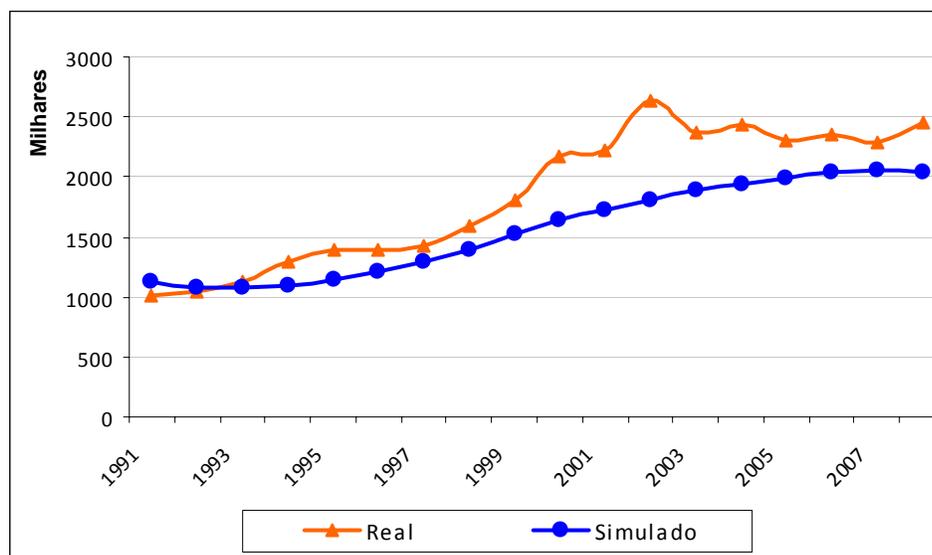


Gráfico 7 - Dados reais e simulados – candidatos setor público

Fonte: INEP (1990:2008) e simulações

Já o número de vagas no setor público está demonstrado no gráfico 8, e as curvas dos dados reais e dos simulados é semelhante. O número de vagas reflete para todos os demais indicadores do setor público, como pode ser verificado nos gráficos 9 a 11. Isso ocorre porque o número de vagas determina o número de ingressantes, que por sua vez implica o número de matriculados e, por consequência, os concluintes.

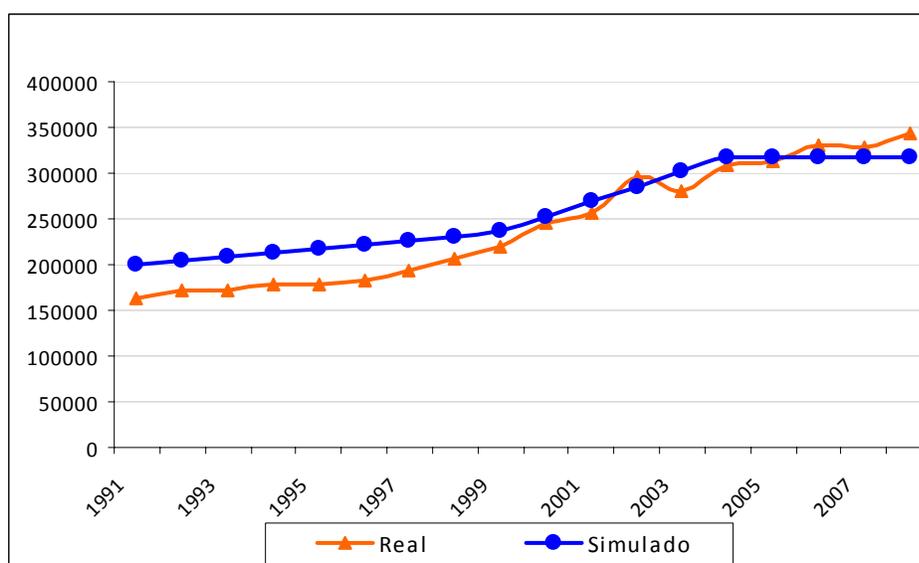


Gráfico 8 - Dados reais e simulados – vagas setor público

Fonte: INEP (1990:2008) e simulações

No gráfico 9 são apresentados os resultados referentes ao número de ingressantes, que aumenta a partir do aumento de vagas, embora os dados simulados apresentem um retardo no crescimento se comparados aos dados reais.

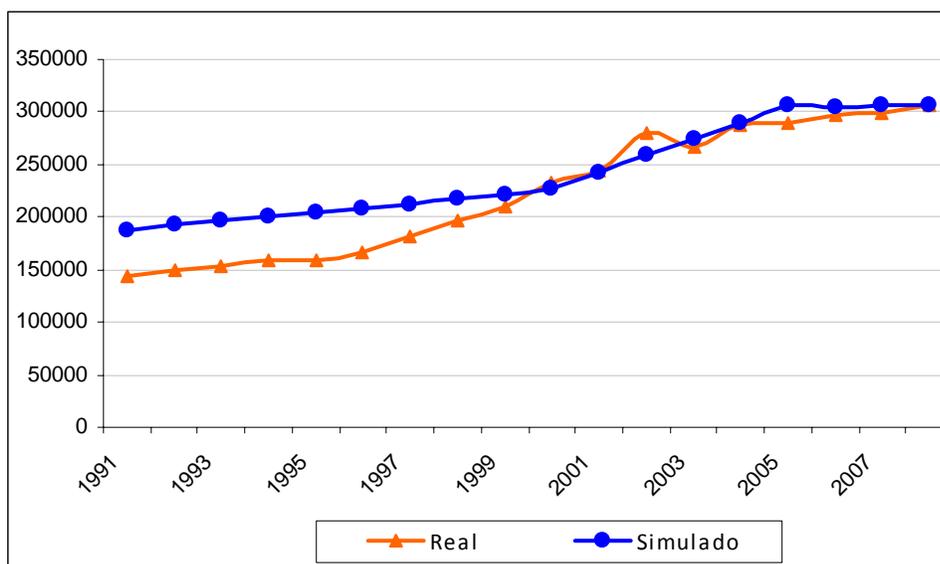


Gráfico 9 - Dados reais e simulados – ingressantes setor público

Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

As curvas que apresentam os matriculados no setor privado estão próximas, conforme pode ser verificado no gráfico 10.

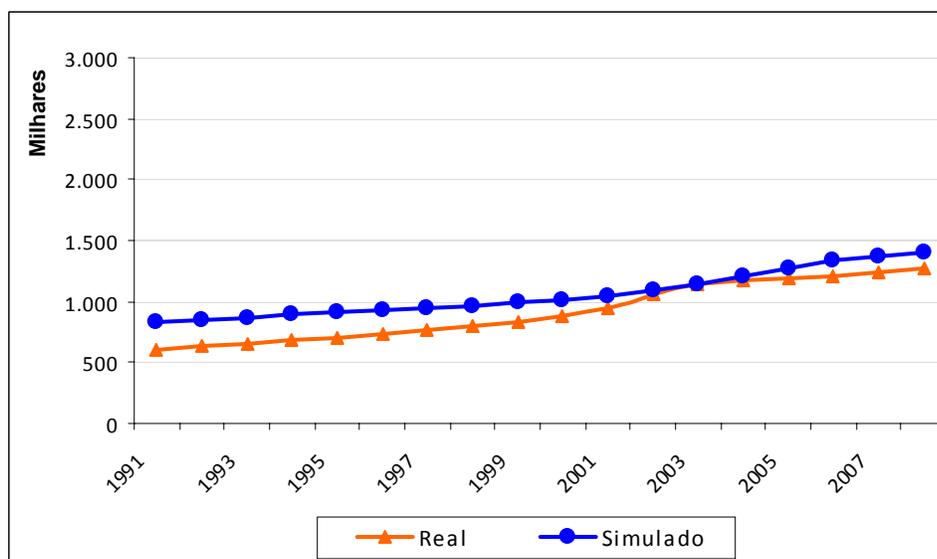


Gráfico 10 - Dados reais e simulados – Matriculados setor público

Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

Por fim, o gráfico 11 contém os resultados para os concluintes. Observa-se uma distância entre as duas curvas, com aproximação a partir de 2003.

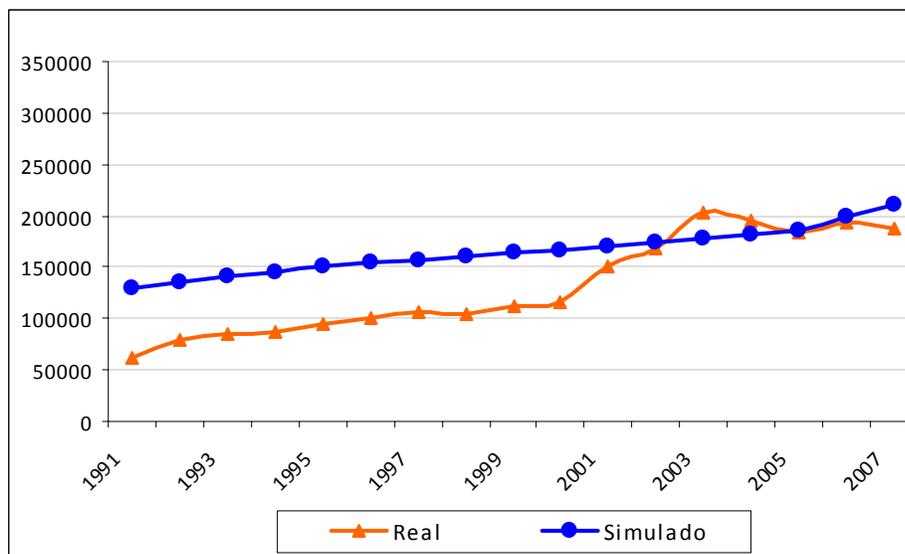


Gráfico 11 - Dados reais e simulados – Concluintes setor público

Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

Os resultados das simulações não são totalmente idênticos aos dados reais para o setor público. Como o objetivo deste trabalho é o de criar uma ferramenta de aprendizado, o interesse maior está no comportamento das variáveis. Mesmo que a ferramenta não tenha sido capaz de replicar alguns *picos*, que podem também ser fruto de ações não exploradas neste trabalho, os resultados foram considerados adequados.

Os mesmos indicadores analisados para o setor público foram também analisados para o setor privado. O gráfico 12 traz a evolução dos candidatos e apresenta um comportamento praticamente idêntico aos dados reais, com um crescimento mais acelerado a partir de 1999 e desaceleração a partir de 2004/2005.

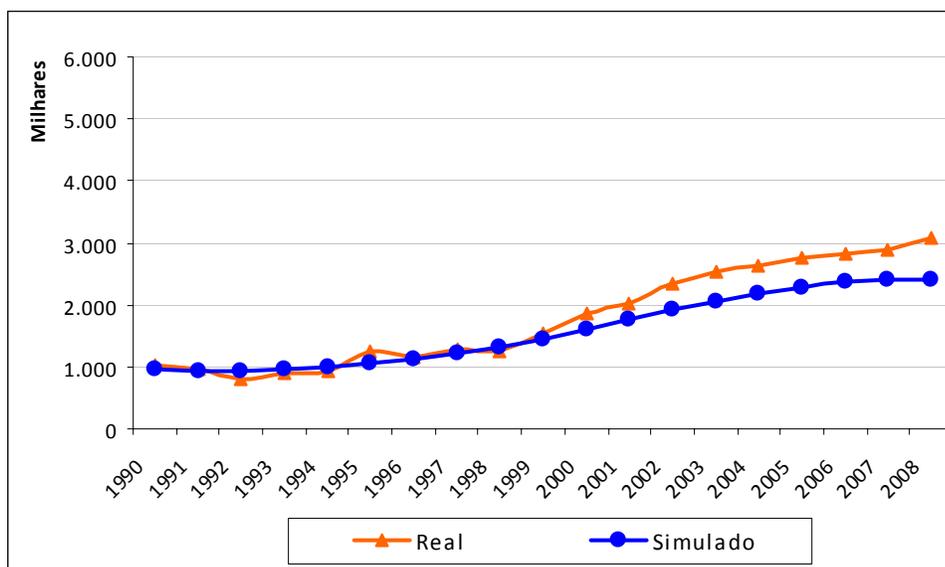


Gráfico 12 - Dados reais e simulados – candidatos setor privado
 Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

O gráfico 13 traz o comparativo entre o número de vagas real e simulado. A partir de 1999, os dados reais têm um crescimento mais acelerado que os simulados, mas ainda assim a simulação captou o tipo de comportamento ocorrido.

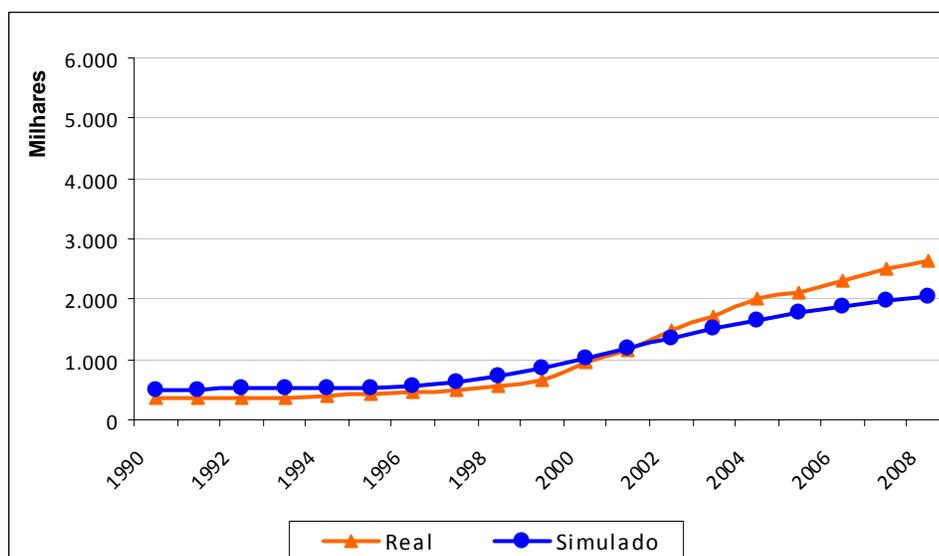


Gráfico 13 - Dados reais e simulados – vagas setor privado
 Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

Na análise dos ingressantes no setor privado (gráfico 14), o comportamento dos dados simulados ficou muito semelhante aos dados reais até 2003, quando o número de ingressantes real apresentou uma desaceleração que não foi totalmente capturada.

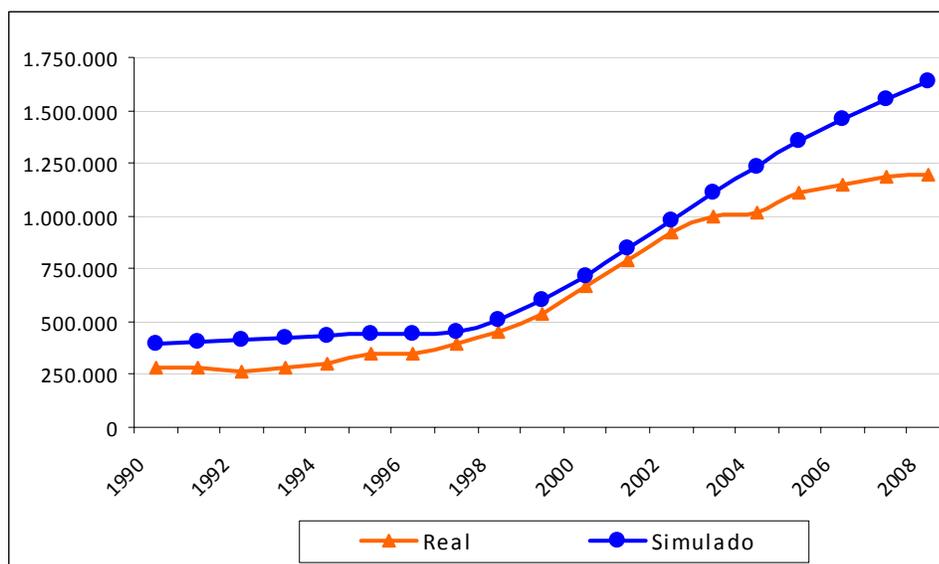


Gráfico 14 - Dados reais e simulados – ingressantes setor privado

Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

A curva do número de matriculados simulados, apresentada no gráfico 15, apresenta um comportamento semelhante ao dos ingressantes, pois estão diretamente relacionados.

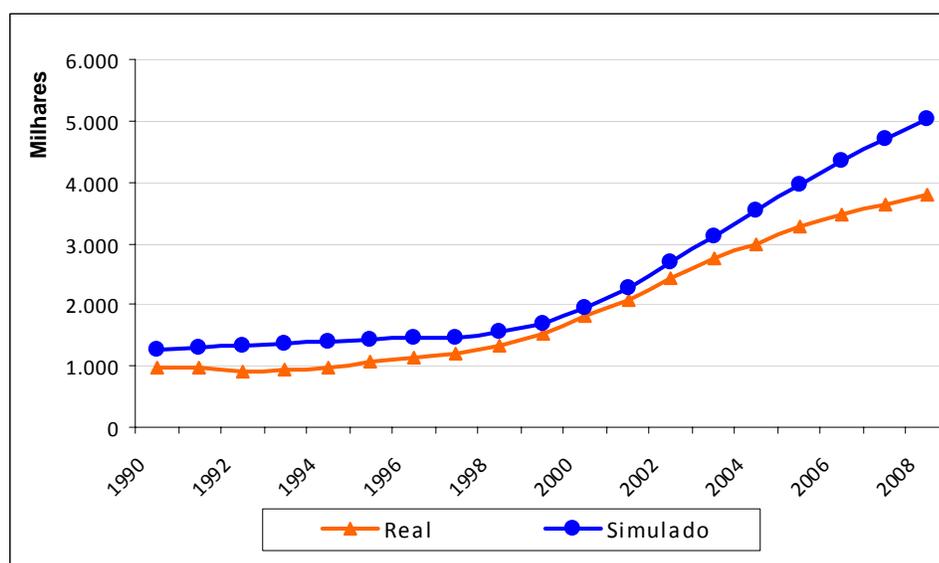


Gráfico 15 - Dados reais e simulados – matriculados setor privado

Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

Por fim, a análise dos concluintes do setor privado é apresentada no gráfico 16. A partir de 2000, essa curva se distancia dos dados reais, mas há uma aproximação novamente em 2008.

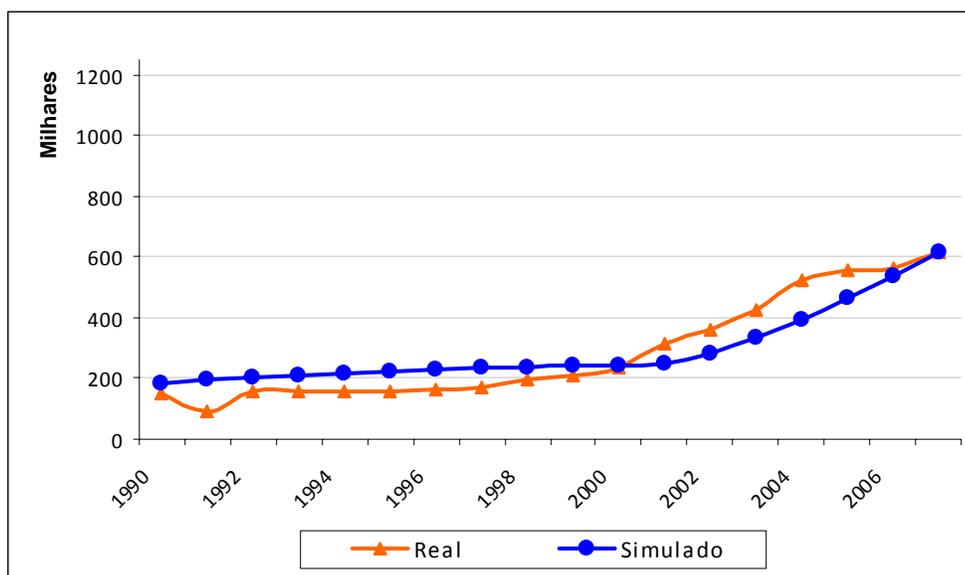


Gráfico 16 - Dados reais e simulados – concluintes setor privado

Fonte: INEP (1990:2008) e resultados do modelo

Os testes realizados permitiram corrigir e ajustar o modelo, em especial as análises de sensibilidade. A comparação entre os dados reais colocou em foco a questão de que modelos são simplificações e que de fato não conseguem imitar a realidade ou o problema de forma idêntica. No entanto, o modelo conseguiu captar os comportamentos principais observados no sistema real, o que atinge o objetivo do trabalho.

6 ANÁLISE DE CENÁRIOS E DE POLÍTICAS

Segundo a metodologia proposta para esse trabalho, a última etapa consiste na projeção de políticas e avaliação, que resulta em análise de cenários alternativos. O presente capítulo apresenta os cenários analisados.

Nessa etapa do processo de modelagem, segundo Sterman (2000), podem ser criadas novas estruturas, novas regras de decisão, tendo em vista mudanças no ambiente. Dessa forma, é possível avaliar quais serão os efeitos das mudanças elaboradas nos diferentes cenários e políticas. Para simplificar a leitura, tanto mudanças do ambiente quanto mudanças de políticas serão chamadas de *Cenários*.

Porto e Régnier (2003) elaboraram estudos sobre cenários possíveis para o Brasil, focalizando no Ensino Superior para o período 2003 a 2025. Tendo em vista os objetivos do presente trabalho, os cenários desenhados foram considerados adequados para aplicação no modelo elaborado. A figura 25 apresenta as principais variáveis ou dimensões-chave considerados por Porto e Régnier (2003). Dessas dimensões-chave, os itens 1, 2 e 4 são considerados no modelo. Já os aspectos 5, 6 e 7 também são considerados, ainda que de forma indireta.



Figura 25 - Dimensões-chave para os cenários elaborados
Fonte: Porto e Régnier (2003)

Os cenários desenhados podem ser sintetizados na figura 26. Existem basicamente duas forças atuantes: o *conceito de educação* e a *dinâmica do crescimento econômico*. Há dois conceitos para educação. O conceito de educação como *bem público* tem o Poder Público como principal provedor, ou então prevê forte regulação na iniciativa privada. O conceito de educação como *mercadoria* implica maior incentivo para iniciativa privada ou menor regulação. Já o crescimento econômico pode ser resumido em *baixo desenvolvimento* e em *crescimento sustentado*.

As próximas sessões apresentam os quatro cenários analisados à luz do modelo proposto. Para cada cenário, foram ajustadas as variáveis que mais traduziam a proposta de cada um; também foram feitas cinquenta rodadas de simulação, seguindo procedimento adotado para validação do modelo. Foram analisadas as variáveis de saída: matriculados por setor e por modalidade; concluintes do ensino médio e demanda reprimida; atendimento à meta do percentual da população jovem no ensino superior; atratividade do setor público em relação ao privado, bem como preço médio das mensalidades.

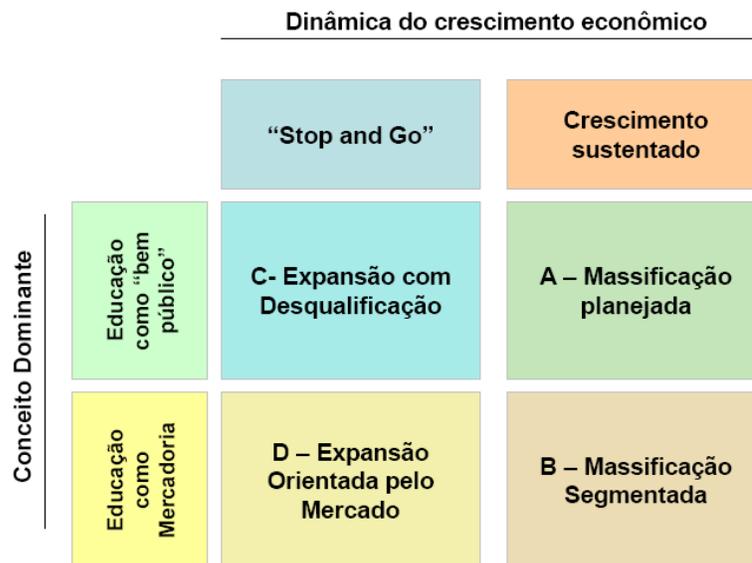


Figura 26 - Cenários para o ensino superior

Fonte: Porto e Régner (2003)

6.1 CENÁRIO A – MASSIFICAÇÃO PLANEJADA

O cenário rotulado *Massificação Planejada* está baseado no conceito de Educação como bem público e no crescimento sustentado do país. Nesse cenário, a educação é o principal vetor de inclusão social, existe uma política educacional ativa por parte do Estado, e o ensino médio é universalizado. Assim, apesar de haver uma concorrência intensa, é muito regulada. Por fim, existe uma ampliação absoluta e relativa do ensino superior público e melhoria da qualidade das instituições privadas. No modelo, esse cenário foi traduzido no ajuste nas variáveis descritas no Anexo B.

6.1.1 Resultados para o Cenário A

As trinta rodadas de simulação geraram resultados que são comentados nessa seção. O gráfico 17 apresenta a evolução do número de matriculados no setor público. Como esse cenário tem como pressuposto a educação como bem público, há um crescimento na oferta de vagas neste setor, o que gera um crescimento no número de alunos matriculados. No entanto, como a criação de vagas está vinculada ao orçamento previsto para educação, se esse orçamento não recebe mais incremento, inicia-se um processo de estagnação na criação de vagas. Como a regulação pela qualidade é rigorosa, baseada no SINAES, a partir de 2020 poderá ser observada uma queda do número de vagas ofertadas pelo setor público, seguida de oscilações entre esse número de vagas.

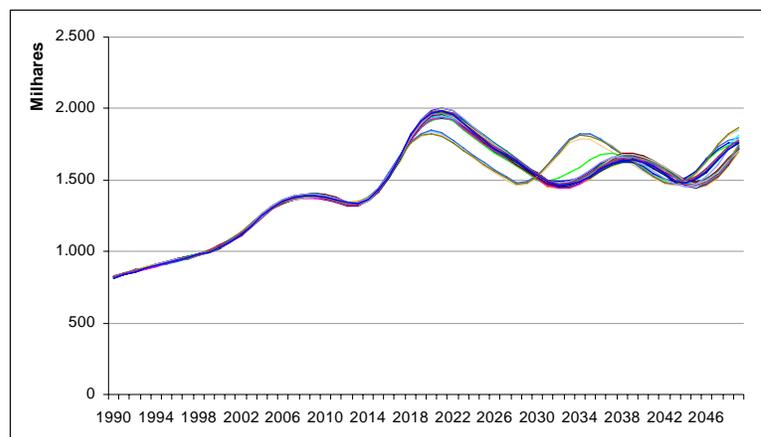


Gráfico 17 - Cenário A - Número de matriculados no setor público

Fonte: elaboração própria

Apesar de haver também, para iniciativa privada, um incremento no incentivo à abertura de vagas, foi atribuída uma mudança nos critérios de atratividade percebida entre o setor público e o privado, e também uma maior regulação, o que é traduzido como avaliações (SINAES) mais rigorosas, com conseqüente aumento na taxa de fechamento de vagas. Por isso, a oferta do setor privado apresenta, a partir de 2008, uma retração, que se reflete no número de matriculados (gráfico 18). Com a redução de vagas no setor público e o incremento da demanda a partir da obrigatoriedade do ensino médio, de 2020 em diante o setor apresentará crescimento para atender à demanda reprimida. Como essa demanda poderá ser rapidamente atendida, poderia, em seguida, haver um declínio no número de vagas e de matriculados.

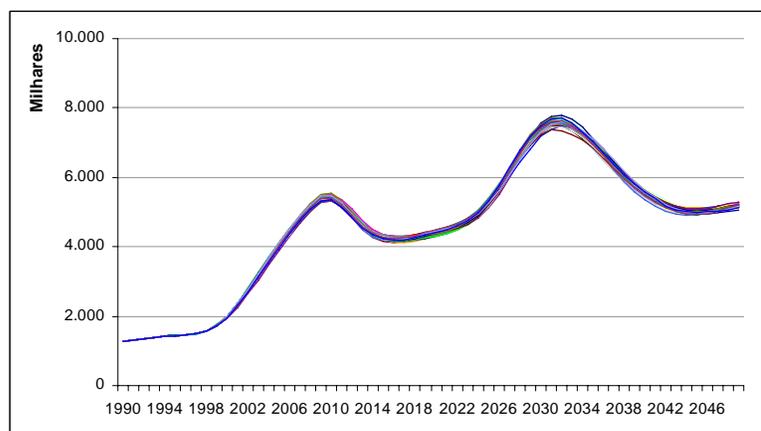


Gráfico 18 - Cenário A - Número de matriculados no setor privado

Fonte: elaboração própria

Os concluintes do ensino médio têm um expressivo crescimento, conforme apresenta o gráfico 19. Como nem o setor público nem o privado têm condições de absorver essa demanda imediatamente, a demanda reprimida apresenta um pico de crescimento (gráfico 20), seguido de queda a partir do momento em que essa demanda é atendida.

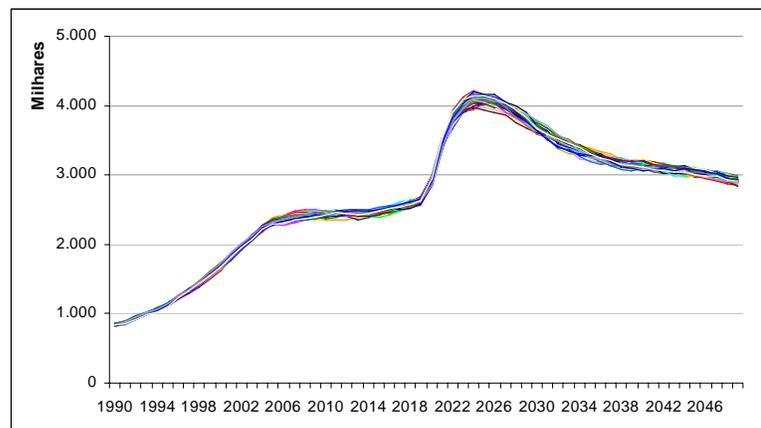


Gráfico 19 – Cenário A – Evolução dos concluintes do ensino médio
Fonte: elaboração própria

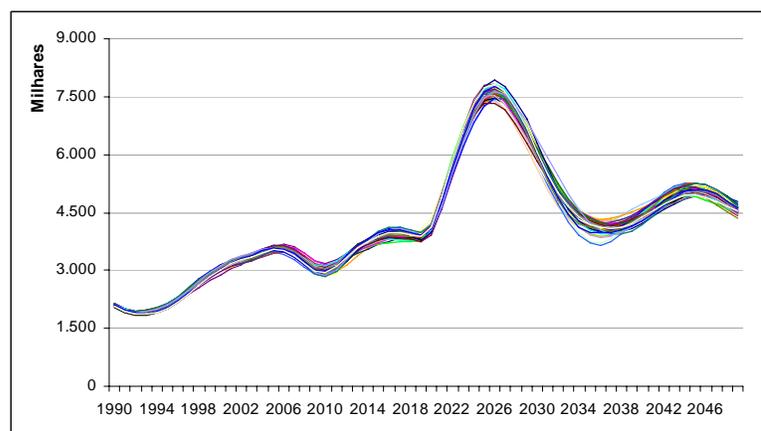


Gráfico 20 - Cenário A - demanda reprimida
Fonte: elaboração própria

Uma das metas do PNE para 2010 era de 30% dos jovens de 18 a 24 anos matriculados no ensino superior. Nesse cenário, essa meta teve um incremento, passando para 50%. O gráfico 21 apresenta o percentual de atendimento à meta. A partir de 2020, esse percentual tende a aumentar, impulsionado principalmente pelo

setor privado. A queda verificada a partir de 2033 explica-se porque há um aumento na taxa de fechamento de vagas, em função de ajuste na variável *qualidade*, que representa, neste cenário, o maior rigor na regulação. Ao mesmo tempo, a abertura de vagas não é tão intensa, já que a discrepância é menos acentuada.

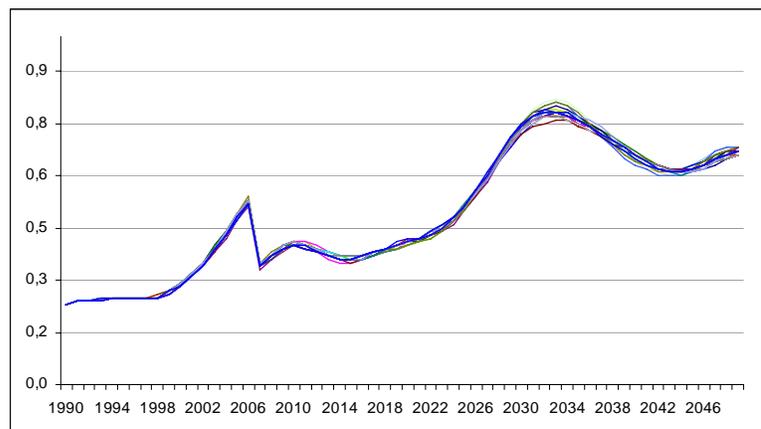


Gráfico 21 - Cenário A - Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%)

Fonte: elaboração própria

A atratividade do setor público em relação ao privado, que direciona a demanda para os dois setores, consta no gráfico 22. A partir de 1997, a atratividade do setor público estava menor do que o setor privado. No cenário modelado, em função dos ajustes nos pesos atribuídos à concorrência, preço e qualidade, o setor público passa a ter praticamente atratividade um pouco superior em relação ao privado.

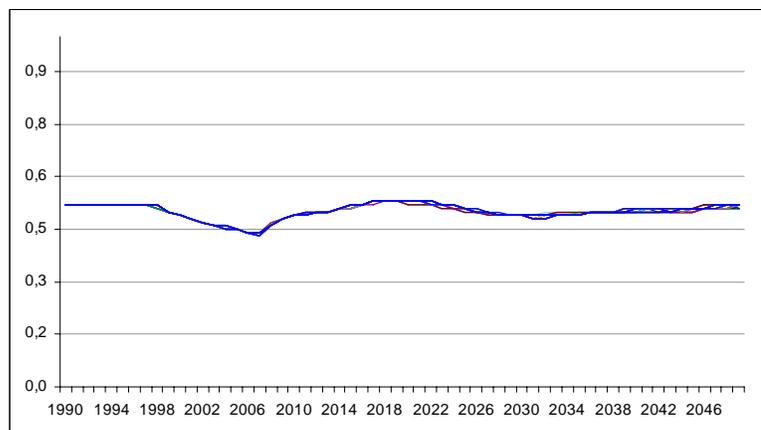


Gráfico 22 - Cenário A - Evolução da atratividade do setor público em relação ao privado

Fonte: elaboração própria

O gráfico 23 apresenta a evolução do preço das mensalidades no setor privado. Como há um crescimento da demanda, o preço acompanha essa tendência.

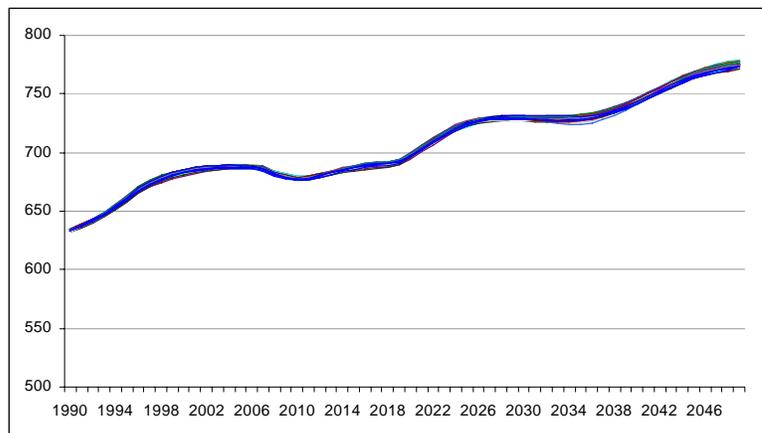


Gráfico 23 - Cenário A - Evolução do preço das mensalidades

Fonte: elaboração própria

Por fim, analisa-se a modalidade a distância. Como essa modalidade é relativamente recente, não há muita informação histórica, sendo as análises apenas especulações sobre o assunto. Nos gráficos 24 e 25 constam os resultados para matriculados nos setores público e privado. No setor privado, a curva apresenta um formato mais parecido com o da demanda, já que esse setor é bastante orientado pela procura.

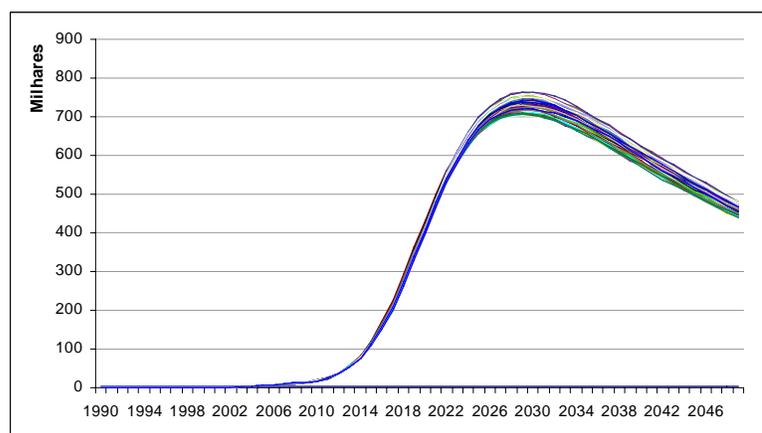


Gráfico 24 - Cenário A - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor público

Fonte: elaboração própria

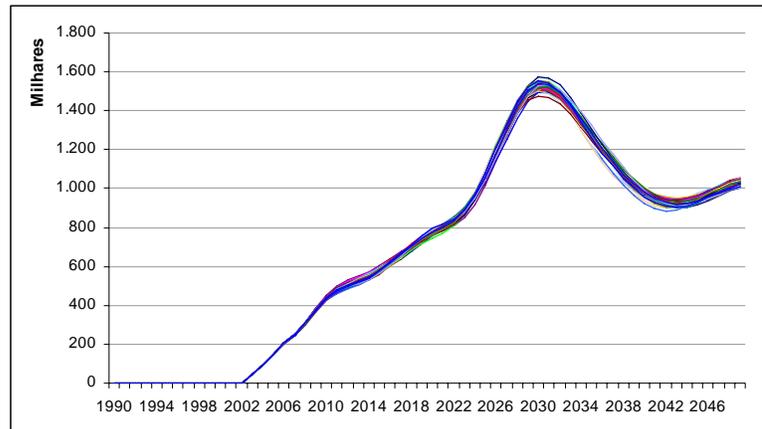


Gráfico 25 - Cenário A - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor privado

Fonte: elaboração própria

De modo geral, esse cenário permite verificar que existe uma ampliação no setor público e retração do setor privado em um primeiro momento. Em seguida, quando a demanda começa a crescer em função da obrigatoriedade do ensino médio, o setor privado responde de forma mais rápida a essa demanda, experimentando novamente uma evolução na capacidade, seguida de uma retração. Enquanto isso, no setor público, também ocorrem oscilações, mas com menor amplitude.

6.2 CENÁRIO B – MASSIFICAÇÃO SEGMENTADA

O cenário B - Massificação Segmentada tem na educação uma forma de inclusão social, mas o ensino superior assume posição de produto a ser negociado segundo a lógica do mercado. Apesar de haver uma forte regulação, o foco não é na qualidade, mas sim na concorrência, e os alunos são livres para decidir diante das opções disponíveis. Este é um contexto nacional onde predomina um forte crescimento econômico com inclusão social e inserção econômica. O segmento privado mantém um ritmo de crescimento elevado. A oferta de ensino se amplia alavancada por modernas tecnologias educacionais - entre elas o ensino a distância. Além da ampliação, o setor

privado tem uma expressiva melhora na qualidade. O ensino fundamental e o médio estão universalizados. As variáveis ajustadas constam no Anexo B.

6.2.1 Resultados Cenário B

O Cenário B considera um ambiente de desenvolvimento econômico, mas com maior incentivo à iniciativa privada no ensino superior. Como seria de se esperar, há um menor crescimento no setor público se comparado ao cenário A (gráfico 26).

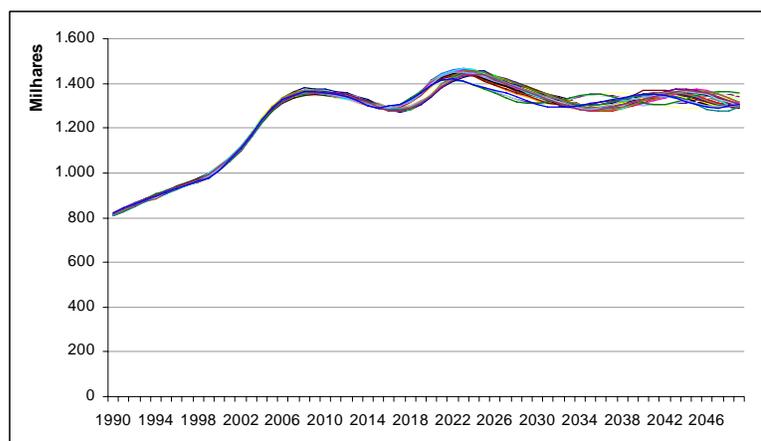


Gráfico 26 - Cenário B - Número de matriculados no setor público

Fonte: elaboração própria

Em contrapartida, no setor privado, o comportamento da curva é semelhante ao do cenário A (gráfico 27); no entanto, o número de vagas e de matriculados é maior.

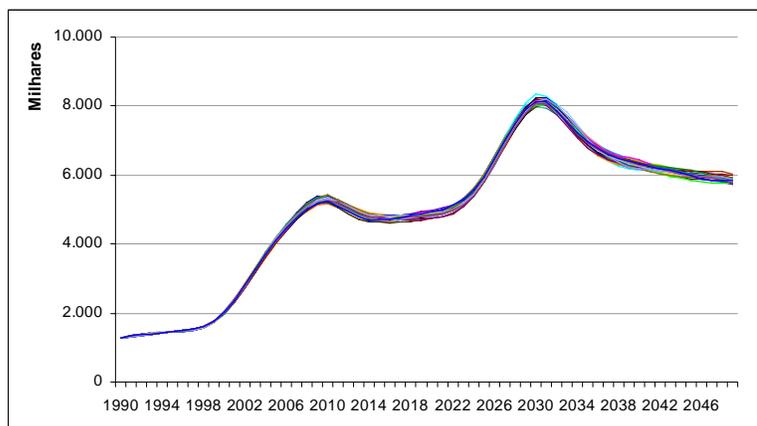


Gráfico 27 - Cenário B - Número de matriculados no setor privado

Fonte: elaboração própria

A demanda para o ensino superior também apresenta um crescimento a partir da obrigatoriedade do ensino médio, sendo que a evolução dos concluintes dessa etapa tem o mesmo comportamento apresentado no gráfico 19. A demanda reprimida é apresentada o gráfico 28, tem um rápido crescimento seguido de queda, pois a demanda é rapidamente atendida, principalmente pelo setor privado.

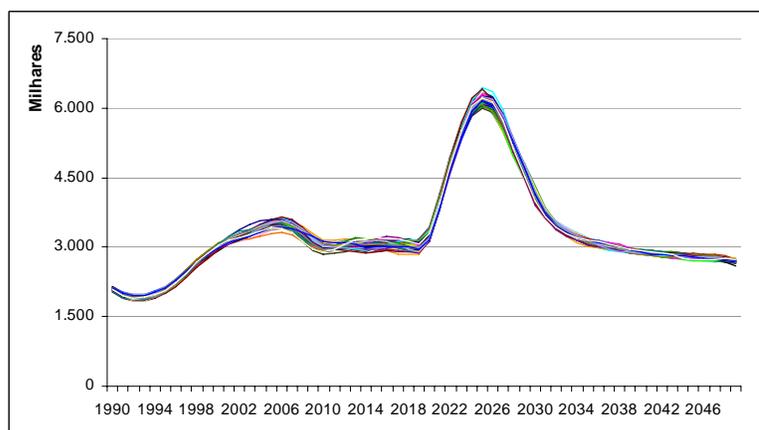


Gráfico 28 - Cenário B - demanda reprimida

Fonte: elaboração própria

Conforme mostra o gráfico 29, nesse cenário, em 2035 a meta estabelecida para o percentual de jovens no ensino superior seria praticamente atingida, recuando posteriormente em função de retração do número de vagas, especialmente no setor privado, fenômeno semelhante ao observado no cenário A.

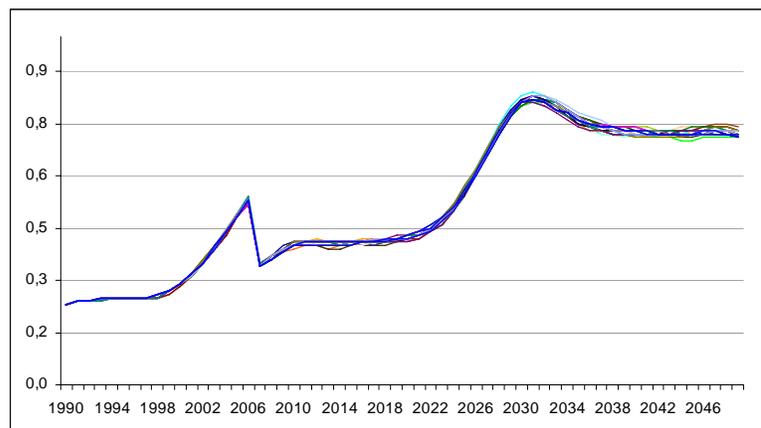


Gráfico 29 - Cenário B - Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%)
Fonte: elaboração própria

Nesse cenário, o preço das mensalidades apresenta comportamento, decrescente, conforme mostra o gráfico 30. Essa queda está relacionada ao fato de haver maior oferta no setor privado, o que aumenta a concorrência, forçando a redução dos preços.

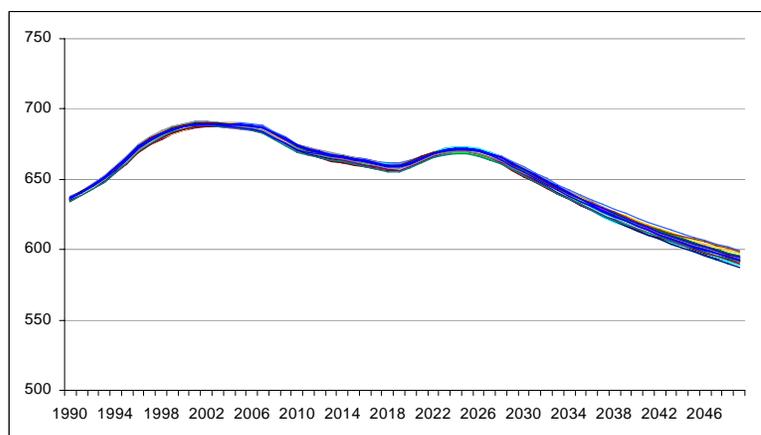


Gráfico 30 - Cenário B - Evolução do preço das mensalidades

O comportamento das matrículas na modalidade EaD é apresentado nos gráficos 31 e 32. Assim como ocorreu no Cenário A, a curva do setor privado é semelhante à curva da demanda. No entanto, no setor público o crescimento é menor, assim como ocorre no presencial.

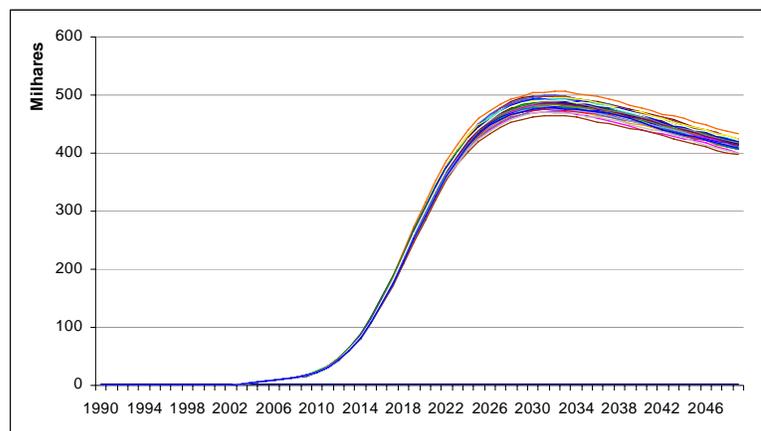


Gráfico 31 - Cenário B - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD
 Fonte: elaboração própria

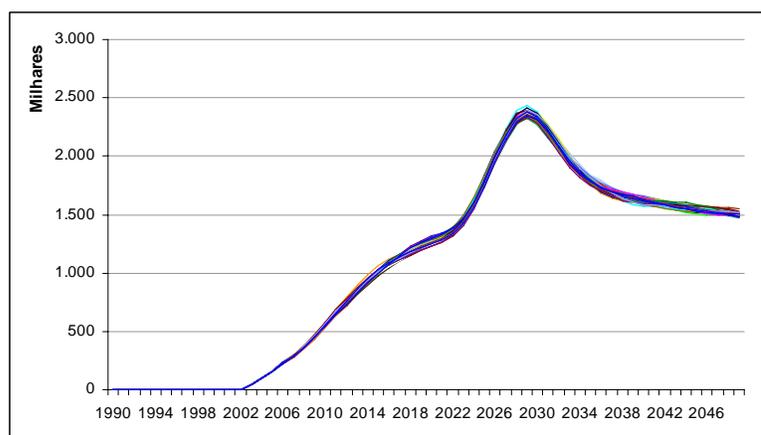


Gráfico 32 - Cenário B - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD
 Fonte: elaboração própria

No Cenário B, observa-se que o setor público experimenta um crescimento regular até o ano de 2025, quando inicia um declínio da capacidade desse setor. Já o setor privado, após um período de pequena retração, experimenta um rápido crescimento impulsionado pela obrigatoriedade do ensino médio. Como há uma maior oferta de vagas no setor privado, o preço médio da mensalidade tende a cair.

6.3 COMPARAÇÃO CENÁRIOS A E B

Os dois cenários analisados até aqui estão baseados no crescimento econômico sustentado do país e na preocupação com a melhoria da qualidade do Ensino Superior. Para haver um melhor entendimento entre as similaridades e diferenças entre os resultados dos dois cenários, os resultados são apresentados de forma comparativa. Para facilitar a leitura dos gráficos, são apresentadas as médias dos resultados simulados.

Como era esperado, no Cenário A há maior oferta e um número maior de matriculados no setor público em relação ao Cenário B, conforme pode ser visto no gráfico 33. Já no setor privado, é no Cenário B que há maior crescimento (gráfico 34).

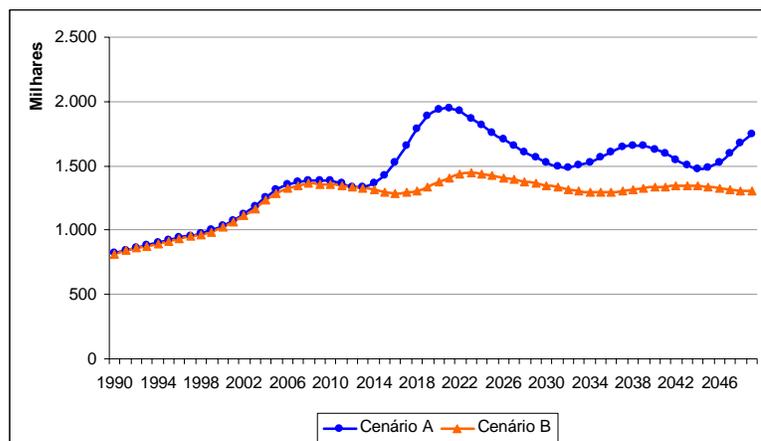


Gráfico 33 - Evolução do número de matriculados setor público – cenários A e B
Fonte: elaboração própria

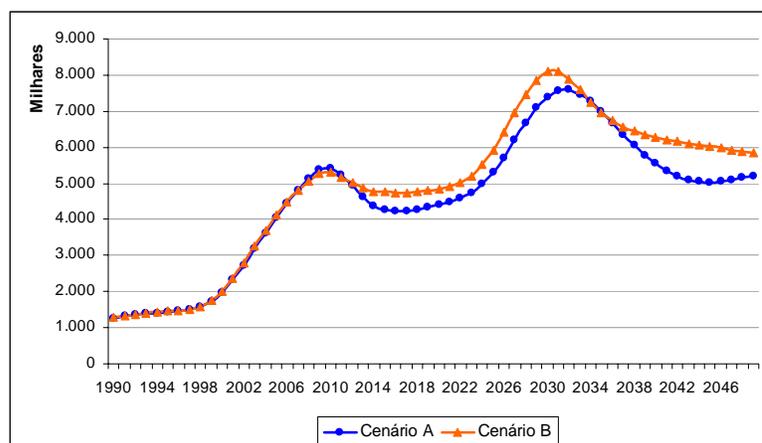


Gráfico 34 - Evolução do número de matriculados setor privado – Cenários A e B
Fonte: elaboração própria

No Cenário A, a atratividade do setor público em relação ao privado (gráfico 35) é um pouco maior comparada ao Cenário B. Essa situação é explicada porque existe maior oferta de vagas no setor público, aumentando sua atratividade em função da concorrência.

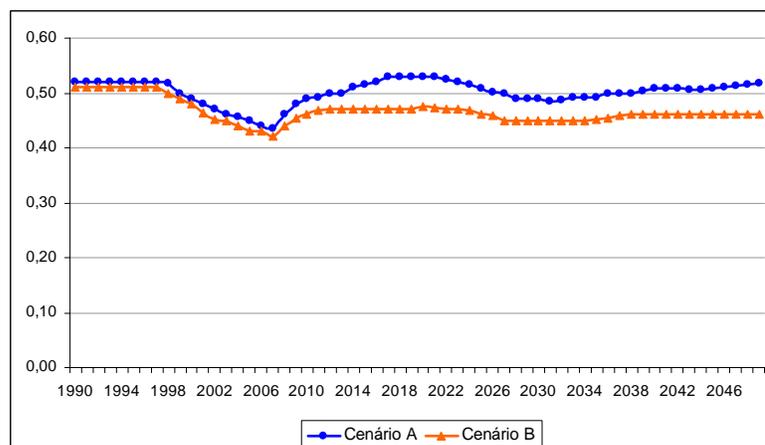


Gráfico 35 - Evolução da atratividade do setor público em relação ao privado – cenários A e B
Fonte: elaboração própria

As curvas dos preços médios das mensalidades no setor privado tomam caminhos distintos nos dois cenários analisados, conforme pode ser visto no gráfico 36. No Cenário B, o maior incentivo a criação de vagas pelo setor privado faz com que haja maior concorrência, fazendo o preço cair.

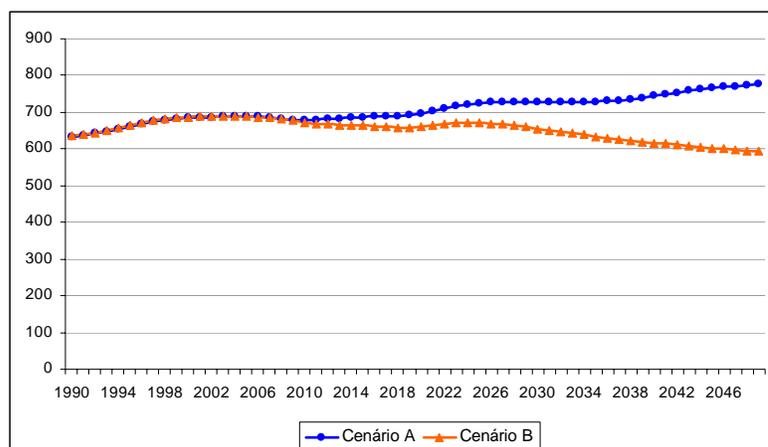


Gráfico 36 - Evolução do preço médio da mensalidade no setor privado – cenários A e B
Fonte: elaboração própria

A demanda reprimida, mostrada no gráfico 37, apesar de apresentar um comportamento semelhante nos dois cenários, fica um pouco menor no Cenário B, pois o setor privado consegue atender essa demanda de forma mais rápida. O mesmo raciocínio pode ser aplicado ao gráfico 38, que representa a evolução do atendimento à meta estabelecida para esses cenários: 50% dos jovens de 18 a 24 anos matriculados no ensino superior.

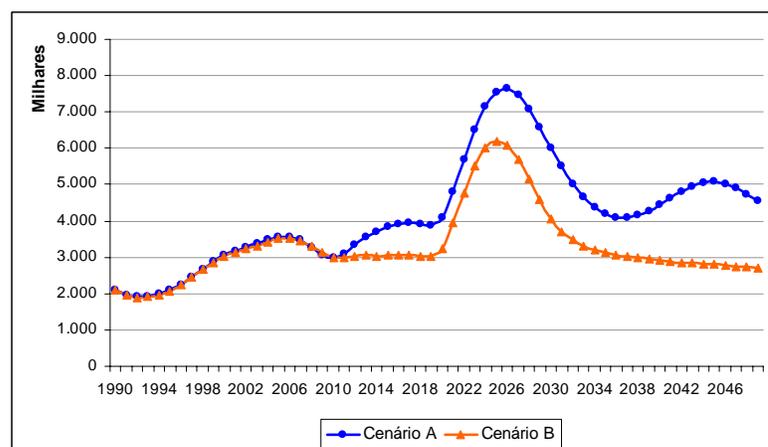


Gráfico 37 - Evolução da demanda reprimida – cenários A e B
Fonte: elaboração própria

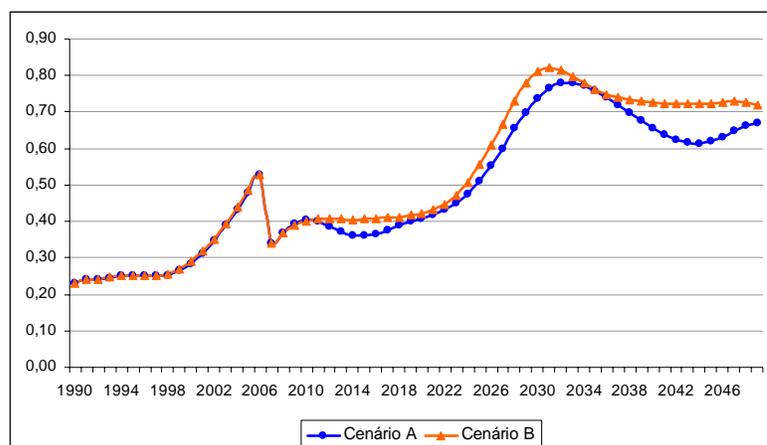


Gráfico 38 - Evolução do atendimento à meta da população jovem – cenários A e B
Fonte: elaboração própria

No ensino a distância, a capacidade do setor público é menor no cenário B (gráfico 39). Já no setor privado, é no Cenário B que há maior evolução (gráfico 40).

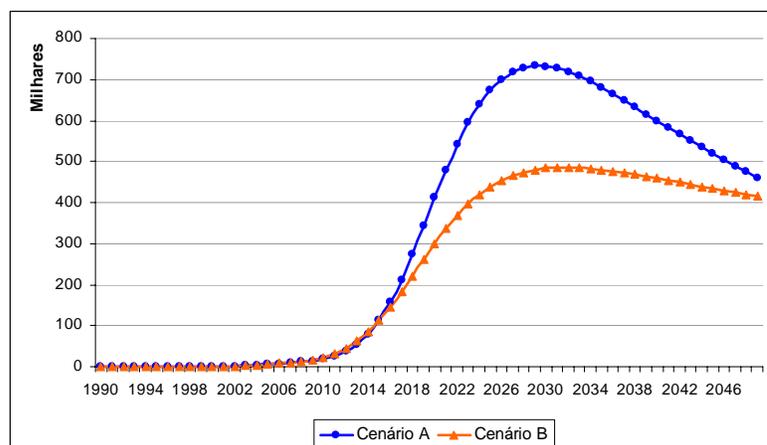


Gráfico 39 - Evolução dos matriculados no EaD setor público – cenários A e B
Fonte: elaboração própria

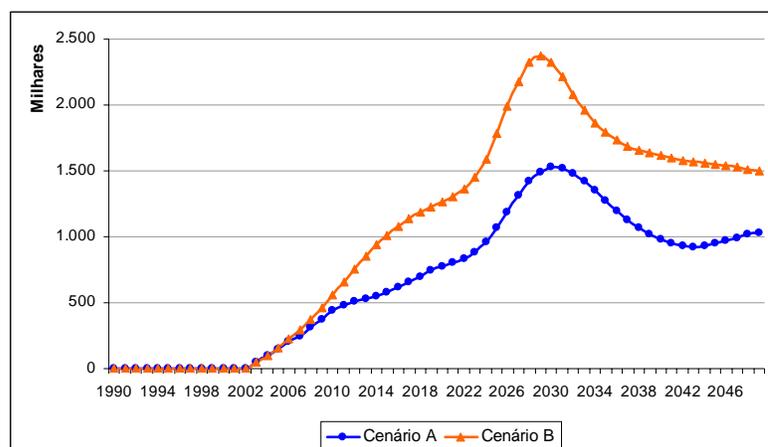


Gráfico 40 - Evolução dos matriculados no EaD setor privado – cenários A e B
 Fonte: elaboração própria

6.4 CENÁRIO C – EXPANSÃO COM DESQUALIFICAÇÃO

No cenário de expansão com desqualificação, a educação é vista como bem público. No entanto, o ambiente permite poucos recursos para investimentos, já que há níveis medíocres de desenvolvimento. Há expansão do ensino superior público, mas com perda da qualidade.

Já o setor privado tem uma retração na expansão. Há uma forte regulação do Estado, com fiscalização rigorosa sobre as privadas. No ensino a distância há uma elevação da demanda. Nos outros níveis, apenas o ensino fundamental é universalizado, mas existe um crescimento do ensino médio. No Anexo B constam os ajustes realizados para esse cenário.

6.4.1 Resultados Cenário C

Como esse cenário prevê uma estagnação da economia, apesar de haver um aumento dos concluintes do ensino médio, a capacidade do setor público poderá ser ampliada somente até 2020, conforme mostra o gráfico 41 com o número de matriculados.

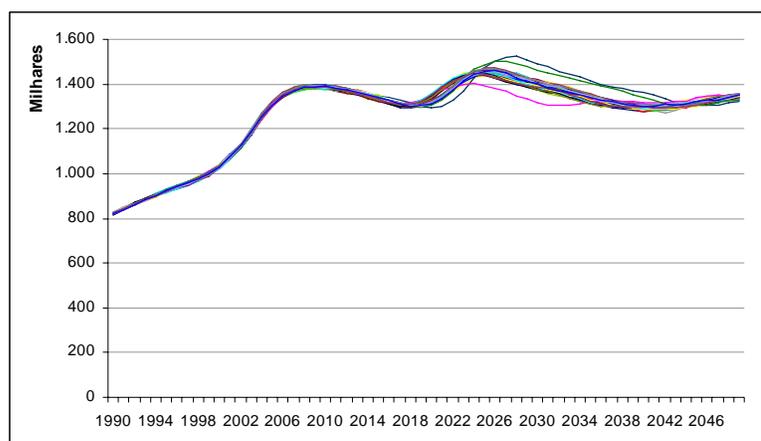


Gráfico 41 - Cenário C - Número de matriculados no setor público
Fonte: elaboração própria

No setor privado, observa-se uma queda no número de vagas e de matriculados, situação semelhante ao que ocorre atualmente com esse setor. Depois de 2020, há uma retomada no crescimento, com nova queda a partir de 2030, conforme mostra o gráfico 42.

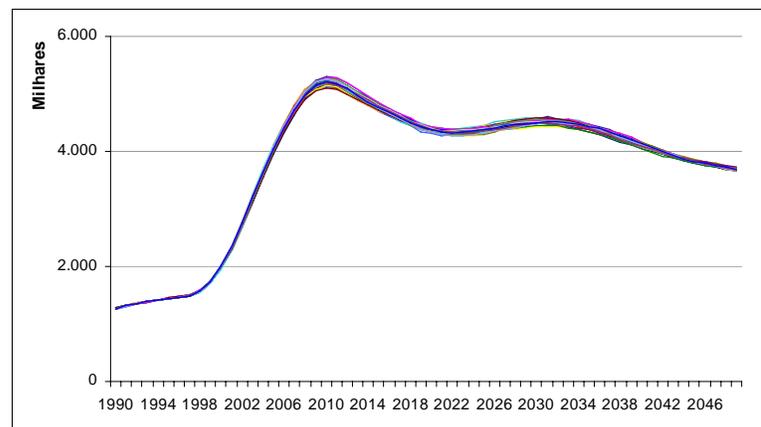


Gráfico 42 - Cenário C - Número de matriculados no setor privado
Fonte: elaboração própria

O comportamento do setor privado pode ser explicado pela sua orientação à demanda. Nos gráficos 43 e 44, observa-se a mesma queda da demanda e retomada de crescimento, a partir dos concluintes do ensino médio.

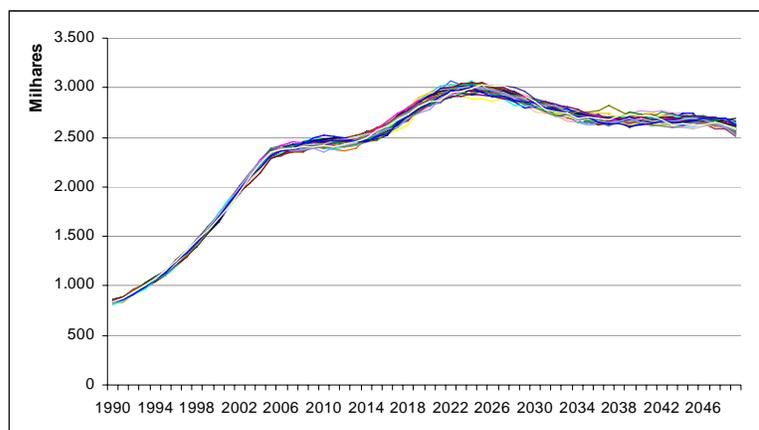


Gráfico 43 - Cenário C - Concluintes ensino médio

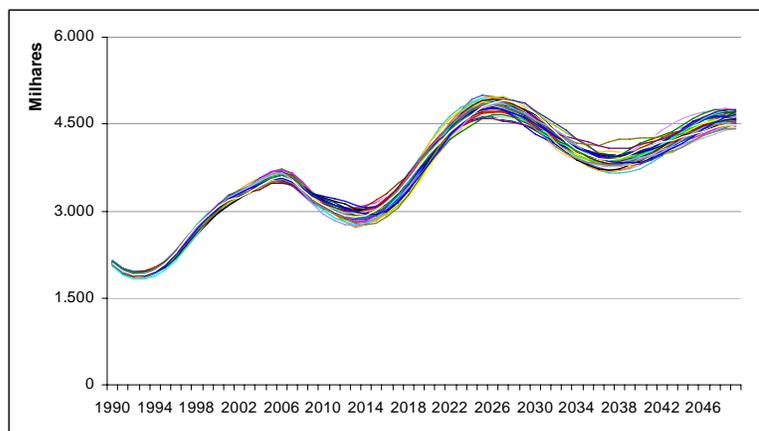


Gráfico 44 - Cenário C - Demanda reprimida

Fonte: elaboração própria

A meta prevista no PNE para 2010, nesse cenário, atinge sua melhor marca somente em 2035, o que pode ser visto no gráfico 45. Apesar de atingir quase 100% da meta, é preciso ter em mente que essa é a mesma projetada para 2010 no PNE atual. Esse resultado sugere que são necessárias medidas mais impactantes, tanto na economia como na política de expansão do ensino superior.

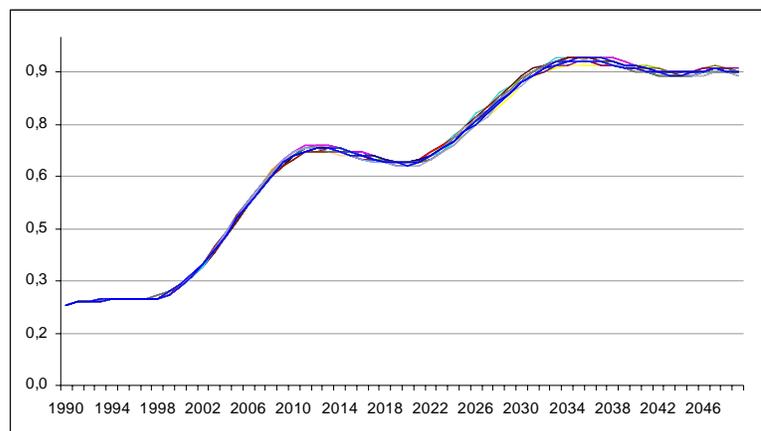


Gráfico 45 - Cenário C - Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%)
Fonte: elaboração própria

A atratividade do setor público, de um patamar acima de 50%, tem uma retração a partir de 1997, ficando em torno dos 50% até o final do período simulado.

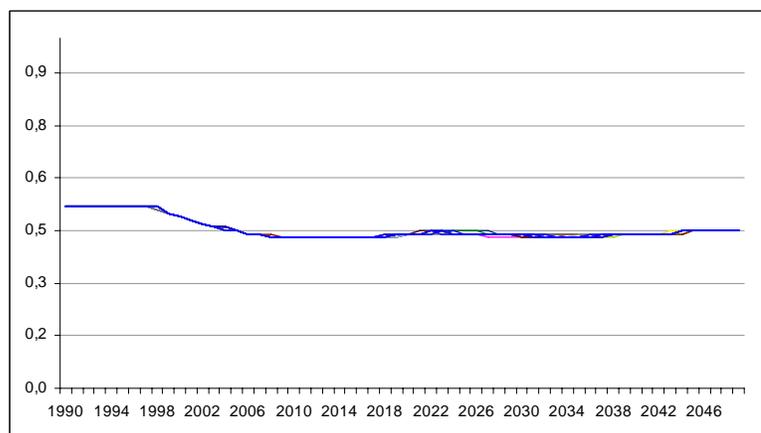


Gráfico 46 - Cenário C - Evolução da atratividade do setor público em relação ao privado
Fonte: elaboração própria

O preço das mensalidades é também influenciado diretamente pela demanda. Observa-se, pelo gráfico 47, que há um período de estagnação do preço médio, com posterior crescimento, justificado pela existência de uma demanda reprimida em expansão.

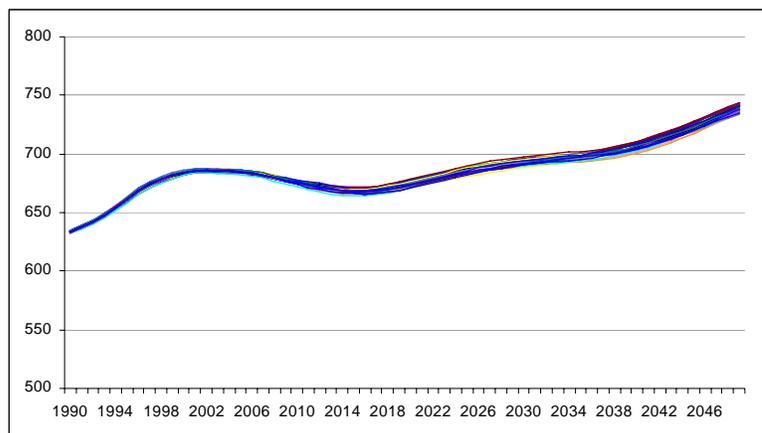


Gráfico 47 - Cenário C - Evolução do preço das mensalidades

Fonte: elaboração própria

Nesse cenário, o ensino a distância experimenta uma expansão, impulsionada pela maior atratividade dessa modalidade. Os gráficos 48 e 49 comprovam essa situação.

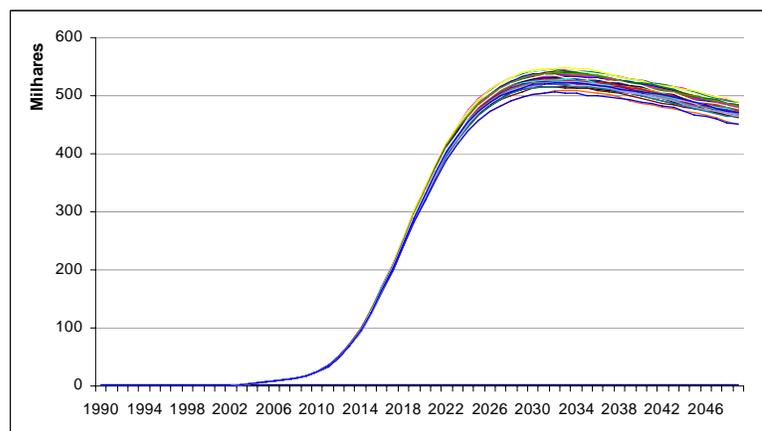


Gráfico 48 - Cenário C - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor público

Fonte: elaboração própria

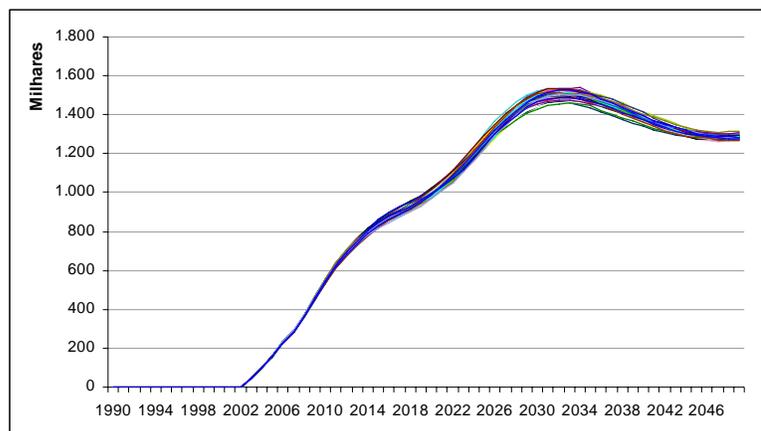


Gráfico 49 - Cenário C - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor privado

Fonte: elaboração própria

De modo geral, pode-se afirmar que, neste cenário, há uma estagnação na capacidade do ensino superior, fruto da estagnação da economia e também de metas tímidas para o setor. Como a meta é praticamente atingida no final do período simulado, há uma tendência de redução do incentivo a abertura de novas vagas.

6.5 CENÁRIO D – EXPANSÃO ORIENTADA PELO MERCADO

Nesse cenário, há reduzido desenvolvimento econômico, com desigualdade e exclusão social. O Estado prioriza o ensino fundamental e o setor privado é estimulado a atender à demanda. A regulação é seletiva, ou seja, o Poder Público só intervém em casos de flagrante desrespeito à lei.

A oferta de ensino privado se amplia, a concorrência é intensa e o mercado praticamente livre. A demanda é formada por uma parcela maior da população de baixa renda. No EaD, há predominância de oferta da iniciativa privada.

6.5.1 Resultados Cenário D

Nesse cenário, como existe maior incentivo à iniciativa privada, a oferta do setor público permanece praticamente nos mesmos níveis, como mostra o gráfico 50.

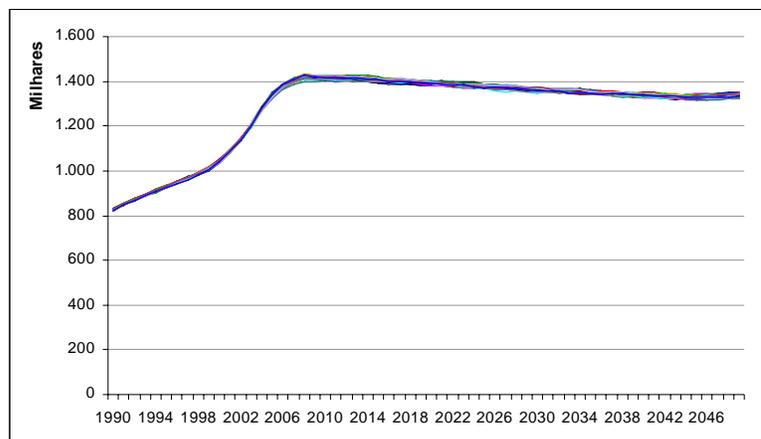


Gráfico 50 - Cenário D - Número de matriculados no setor público

Fonte: elaboração própria

No setor privado, há uma retração do número de vagas entre 2015 e 2030 (gráfico 51), seguindo a tendência da evolução dos concluintes do ensino médio (gráfico 52).

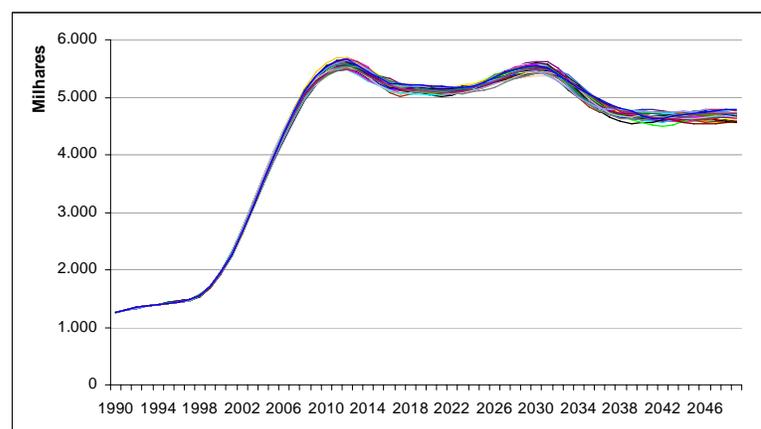


Gráfico 51 - Cenário D - Número de matriculados no setor privado

Fonte: elaboração própria

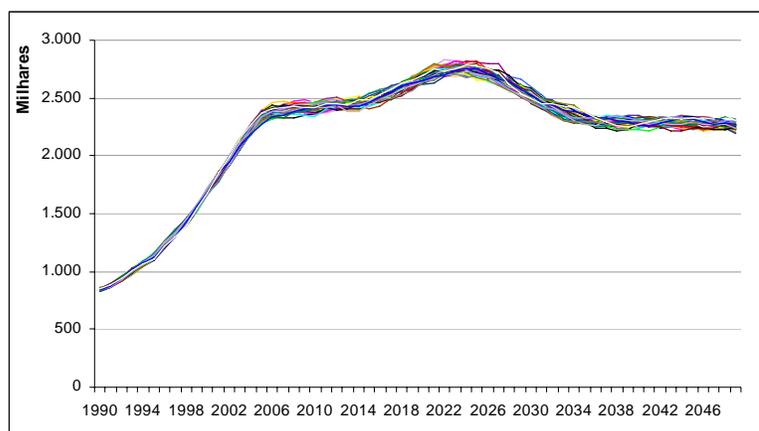


Gráfico 52 - Cenário D - concluintes ensino médio

Fonte: elaboração própria

A demanda reprimida apresenta queda a partir de 2006, com ascensão novamente a partir de 2017 e posterior queda a partir de 2026 (gráfico 53). Esse comportamento é resultado do aumento do número de concluintes do ensino médio e do atendimento à demanda.

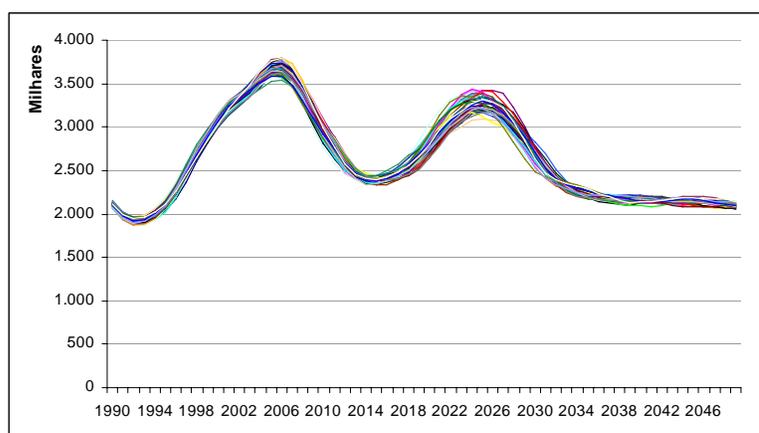


Gráfico 53 - Cenário D - Demanda reprimida

Fonte: elaboração própria

A demanda reduzida neste cenário, se comparado com os demais, faz com que os preços médios das mensalidades tenham um comportamento de queda, como apresentado no gráfico 54.

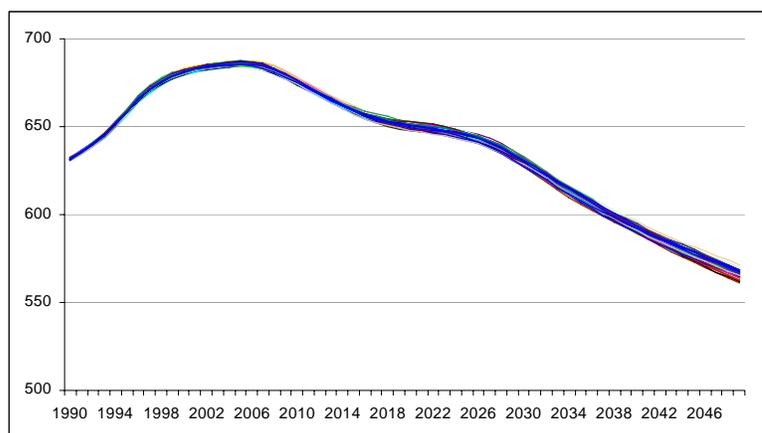


Gráfico 54 - Cenário D - Evolução do preço das mensalidades
Fonte: elaboração própria

O atendimento à meta do PNE é obtido somente no final do período simulado. Assim como cenário C, é preciso destacar que essa é a meta já prevista para 2010.

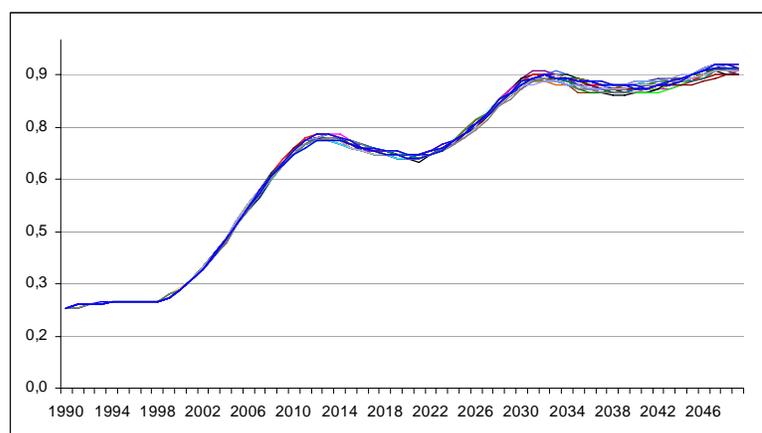


Gráfico 55 - Cenário D - Atendimento à meta da população jovem no ensino superior (%)
Fonte: elaboração própria

Por fim, os gráficos 56 e 57 apresentam o comportamento do ensino a distância nos setores público e privado. Como o incentivo ao EaD no setor público é reduzido, o gráfico reflete essa tímida participação. O setor privado já apresenta uma maior capacidade.

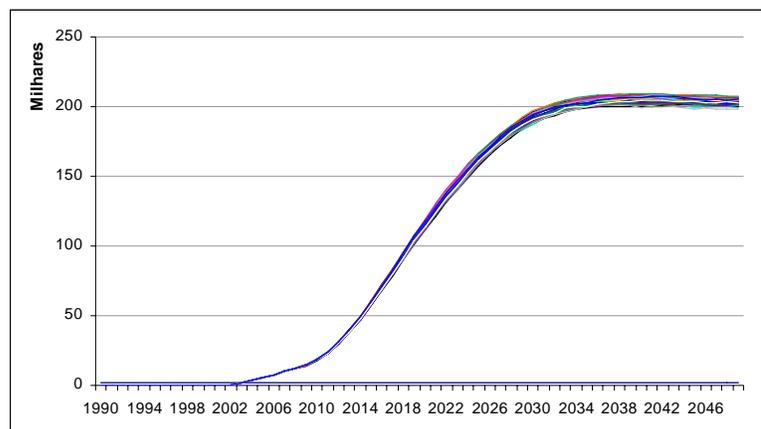


Gráfico 56 - Cenário D - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor público

Fonte: elaboração própria

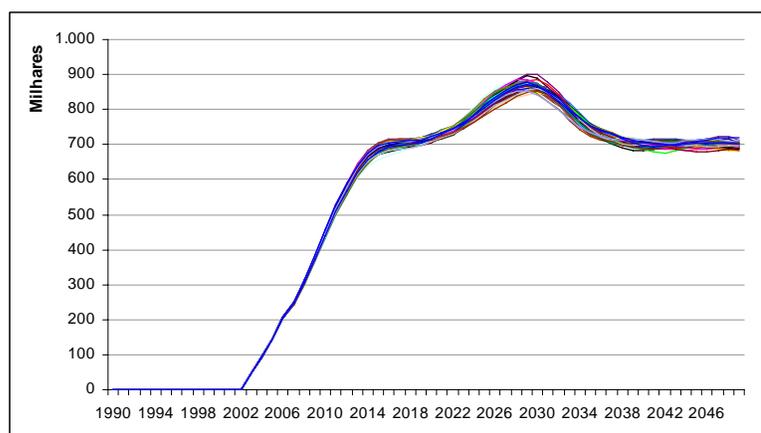


Gráfico 57 - Cenário D - Evolução dos alunos matriculados na modalidade EaD setor privado

Fonte: elaboração própria

6.6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS CENÁRIOS C E D

Os cenários C e D descreveram uma situação de baixo desenvolvimento econômico do Brasil. Sendo assim, mesmo que a educação seja considerada prioridade, não há capacidade de investimento nessa área. O cenário C preconiza educação como responsabilidade do Estado, enquanto que o cenário D prioriza a iniciativa privada. A seguir são apresentados resultados comparativos entre os dois cenários.

O gráfico 58 apresenta o comportamento do setor público. No Cenário C, a prioridade é para o setor público e há um crescimento observado, mas, como já comentado, é tímido em função de não haver recursos disponíveis. No Cenário C há uma oscilação no número de matriculados, pois este cenário prevê maior regulação em relação ao cenário D.

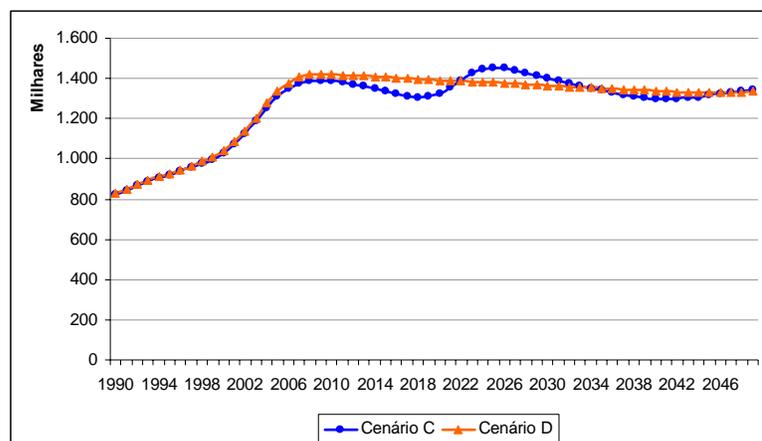


Gráfico 58 - Evolução dos alunos matriculados setor público presencial – cenários C e D

Fonte: elaboração própria

No setor privado, percebe-se uma diferença um pouco mais relevante, como se observa no gráfico 59. No Cenário D, o setor privado é mais expressivo.

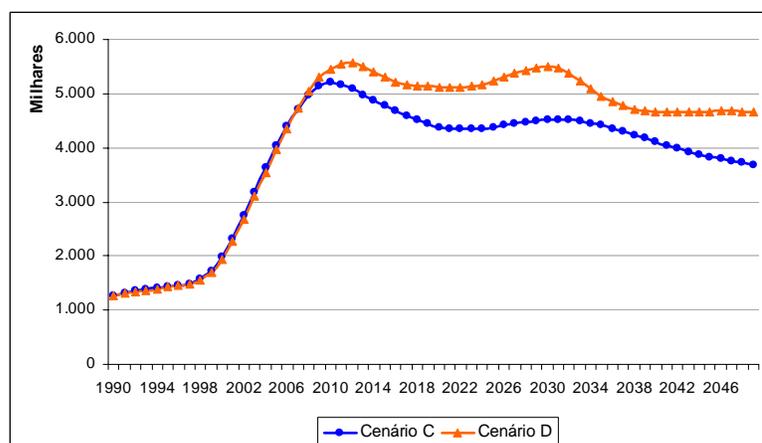


Gráfico 59 - Evolução dos alunos matriculados setor privado presencial – cenários C e D

Fonte: elaboração própria

No EaD, observa-se também uma distância entre as curvas, provocada pelo tipo de incentivo e atratividade com que essa modalidade é vista entre os dois cenários. No cenário C, o EaD é considerado mais atrativo (gráficos 60 e 61).

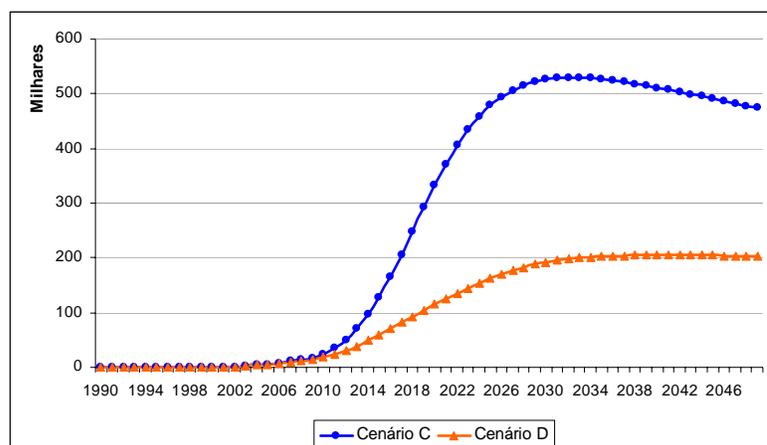


Gráfico 60 - Evolução dos alunos matriculados setor público EaD – cenários C e D
Fonte: elaboração própria

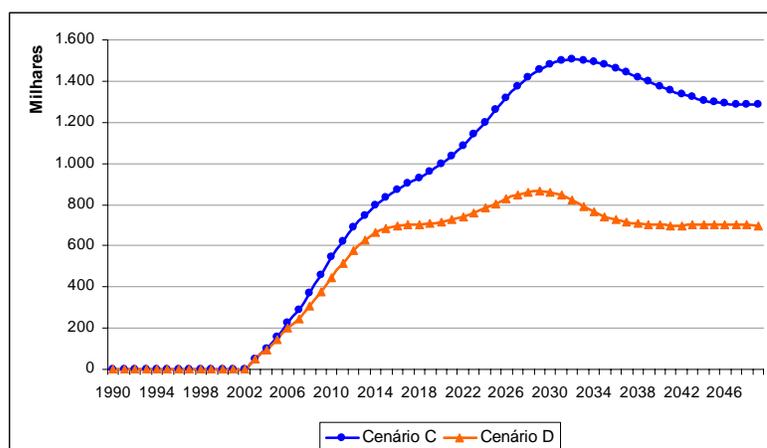


Gráfico 61 - Evolução dos alunos matriculados setor privado EaD – cenários C e D
Fonte: elaboração própria

O preço médio das mensalidades também tem um comportamento distinto nos dois cenários. Enquanto no Cenário C havia um crescimento previsto no ensino médio e, conseqüentemente, mais demanda, o Cenário D pressupõe uma maior concorrência entre o setor privado. Os comportamentos estão estampados no gráfico 62.

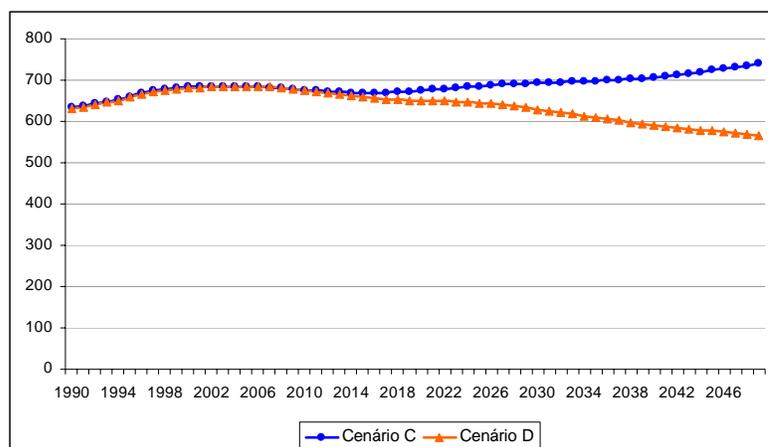


Gráfico 62 - Evolução do preço das mensalidades – cenários C e D
Fonte: elaboração própria

O Cenário C apresentou um maior número de concluintes no ensino médio porque esse cenário acenava para um aumento nesse nível, enquanto que no Cenário D não havia nenhuma previsão nesse sentido (gráfico 63).

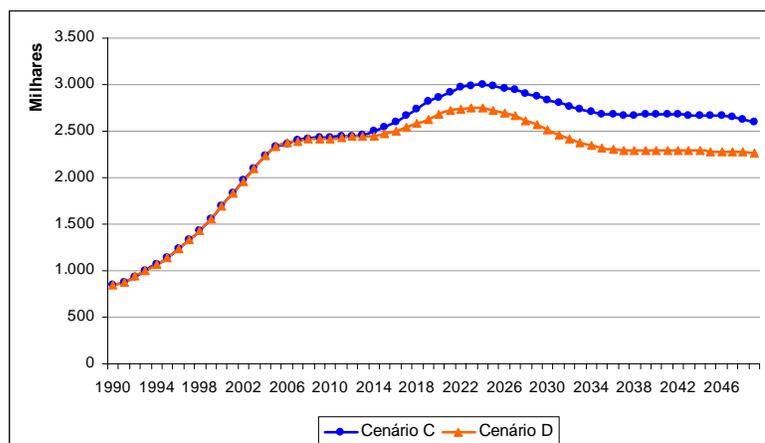


Gráfico 63 - Evolução do número de concluintes do ensino médio – cenários C e D
Fonte: elaboração própria

A demanda reprimida é maior no Cenário C, tanto pelo crescimento do ensino médio quanto pela incapacidade do ensino superior em absorver essa demanda. No Cenário D, como há maior incentivo para o setor privado, esse setor tem resposta de atendimento mais rápida (gráfico 64). O atendimento à meta teve um comportamento semelhante nos dois cenários, apesar de o Cenário D apresentar uma discrepância um pouco menor em relação ao C. Por fim, as curvas de evolução da atratividade e do atendimento à meta permaneceram praticamente a mesma nos dois cenários.

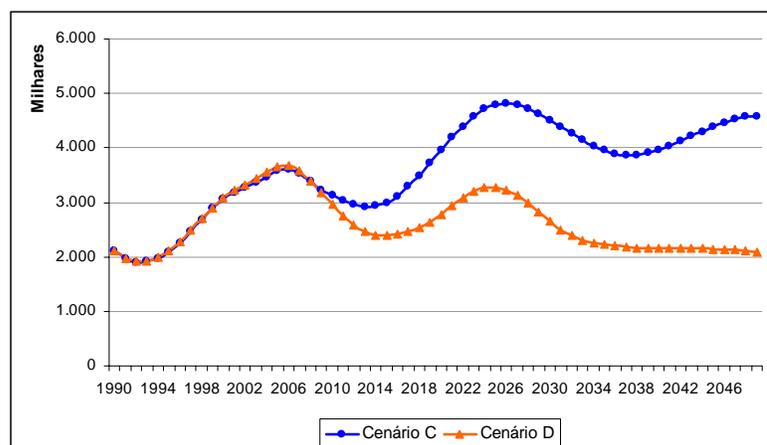


Gráfico 64 - Evolução da demanda reprimida – cenários C e D
 Fonte: elaboração própria

6.7 SÍNTESE DOS CENÁRIOS

Os quatro cenários avaliados tiveram como vetores principais *conceito de educação vigente* e *crescimento econômico*. Adicionalmente, foram consideradas questões como universalização e obrigatoriedade do Ensino Médio, redefinição de metas para educação superior, incentivo ou atratividade para ensino a distância, rigor na regulação, variáveis de percepção da população em relação aos setores público e privado. Para facilitar o entendimento dos principais resultados, foi construída uma síntese, que está apresentada no Quadro 4.

O Quadro 4 contém os resultados das principais variáveis acompanhadas, comparadas com o modo de referência (ano 2008) e os resultados simulados no ano 2050. Destaca-se que, para os cenários A e B, a meta é ajustada em 50% da população jovem no ensino superior, enquanto que nos cenários C e D, permanece em 30%. Além disso, é preciso considerar que, segundo projeções do IBGE, a população jovem em 2050 deverá ser em torno de 34% menor do que a estimada em 2008, refletindo diretamente na população do ensino superior.

Variável analisada		2008 (Simulado)	Cenário A 2050	Cenário B 2050	Cenário C 2050	Cenário D 2050
Matriculados presencial	Setor privado	5,0 milhões	5,2 milhões	5,8 milhões	3,7 milhões	4,7 milhões
	Setor público	1,4 milhões	1,7 milhões	1,3 milhões	1,3 milhões	1,3 milhões
Matriculados EaD	Setor privado	307 mil	1,2 milhões	1,8 milhões	1,3 milhões	699 mil
	Setor público	11,8 mil	379 mil	197 mil	474 mil	203 mil
Atendimento à meta		0,60	0,67	0,72	0,89	0,91
Atratividade setor público em relação ao Privado		45%	52%	46%	45%	44%
Mensalidades		682	794	606	740	566
Demanda Reprimida		3,4 milhões	4,6 milhões	2,7 milhões	4,6 milhões	2,1 milhões

Quadro 4 – Síntese dos resultados simulados

Fonte: elaboração própria

Em uma primeira análise, o Cenário B mostra-se o mais favorável no que diz respeito a indicadores quantitativos de atendimento a metas nacionais. Parte desse resultado é consequência do crescimento econômico e da obrigatoriedade do ensino médio, associado à maior liberdade da iniciativa privada para oferta de cursos. Essa liberdade está relacionada, porém, a menor fiscalização, pois o pressuposto é de que os próprios alunos façam suas escolhas. Finalmente, este cenário apresenta um dos preços médios de mensalidade mais baixo.

De maneira inversa, o cenário que apresenta desempenho quantitativo mais desfavorável é o C, resultado da estagnação econômica e da consequente falta de investimentos em educação. Além do baixo investimento, neste cenário é sinalizada perda de qualidade no setor público. No setor privado, o preço das mensalidades é alto. Este é o cenário em que o ensino a distância representa a maior parcela relativa de matriculados. Há um crescimento do ensino médio, apesar de não obrigatório, o que reflete na elevada demanda reprimida resultante.

Já os cenários A e D apresentaram número de matriculados total semelhantes. No entanto, no cenário A, além de haver maior crescimento econômico, há maior investimento e incentivo ao setor público, o que reflete um crescimento deste setor. Como o ensino médio é obrigatório, há uma demanda reprimida expressiva. No cenário D, em contrapartida, a demanda reprimida é muito menor. Neste cenário, o preço das mensalidades é reduzido, mas é um cenário de baixo desenvolvimento econômico e de pouca qualidade de ensino.

Observa-se que nos cenários em que a orientação é educação como bem público, existe maior investimento em educação. Inversamente, quando há maior incentivo ao setor privado, além da ampliação da oferta, os preços das mensalidades tendem a ficar menores. Ou seja: ou uma parcela maior da população é atendida gratuitamente, e a outra parcela paga mensalidades elevadas; ou o setor público atende menos pessoas, e o restante paga por uma mensalidade menor. Em qualquer situação, os cenários mostram-se favoráveis quando há crescimento econômico associado. Por fim, nos cenários em que a orientação é educação como mercadoria, há menor rigor do Estado com a qualidade, segundo descrição dos cenários.

CONCLUSÕES

A motivação para o presente estudo esteve relacionada à importância que a Educação tem para o desenvolvimento econômico e social do país e das dificuldades enfrentadas pelo Brasil em atingir suas metas. O objetivo do trabalho, conforme apresentado na introdução, foi desenvolver um modelo de aprendizado em dinâmica de sistemas que pudesse auxiliar gestores da educação superior a analisar e entender a dinâmica do ensino superior. Para isso, foi necessário entender essa dinâmica, em termos de regulação e políticas, oferta, demanda e condições socioeconômicas da população; elaborar o modelo em dinâmica de sistema incorporando as principais políticas e regras de decisão, bem como analisar cenários alternativos para o ensino superior para testar o modelo proposto.

Conforme dados e estudos apresentados no capítulo 2, a educação pode ser ofertada tanto pela iniciativa pública quanto pela privada. Observou-se que houve um crescimento acelerado na oferta da graduação, em especial no setor privado, tornando-o competitivo e trazendo ameaças para a sobrevivência de muitas instituições. Esse crescimento esteve relacionado aos esforços governamentais em flexibilizar abertura de novas IES e cursos de graduação, com a intenção de atender à meta prevista pelo PNE para 2010. Ainda assim, a meta ficou em torno de 50% de seu atendimento, o que sugere um esgotamento da demanda, apesar do país ainda apresentar índices de graduados abaixo do desejado. Além desse esgotamento, percebe-se que há outro gargalo para o ingresso no ensino superior: o ensino médio, um dos pré-requisitos para o ingresso em cursos de graduação. Por fim, o perfil da população brasileira tende a mudar. Segundo projeção do IBGE, a população jovem deve passar por um período de estagnação, para, posteriormente, experimentar um declínio a partir do ano 2020.

Para o referencial teórico da pesquisa, que integra o terceiro capítulo, foram pesquisados trabalhos divulgados acerca de planejamento e estratégia na educação superior. Foram apresentadas as principais pesquisas encontradas, dentre elas algumas que utilizaram a metodologia de dinâmica de sistema. A seguir, apresentou-se

o conceito de complexidade dinâmica e como suas características interferem na percepção e entendimento dos problemas dessa natureza, tornando-os não-intuitivos. A solução para o entendimento da complexidade dinâmica apresentada foi a modelagem, sendo que o tipo de abordagem escolhida foi a Dinâmica de Sistemas, por ser um método para aprendizagem em sistemas complexos (STERMAN, 2000).

Dinâmica de Sistemas usa linguagens próprias para modelagem e experimentação, apresentadas por meio de estruturas de *feedbacks*; de estoques e fluxos; de atrasos materiais e informacionais e de não-linearidade. As principais ferramentas utilizadas para modelar essas estruturas são os Diagramas de Enlace Causal e Diagramas de Estoque e Fluxo.

A metodologia do trabalho, conforme consta no capítulo 4, foi inspirada na metodologia proposta por Sterman (2000), que prevê um processo não-linear de modelagem. As principais etapas consistiram na definição do problema, quando foram levantados os dados e o problema foi definido; na formulação da hipótese dinâmica, ou seja, na criação de uma estrutura em linguagem de DS que explicasse o problema; na construção do modelo de simulação; e, finalmente, na projeção de políticas e análise de cenários, que permitiu avaliar o potencial de uso e aprendizado da ferramenta.

No capítulo 5, o modelo proposto foi apresentado. O Diagrama de Enlace Causal evidenciou os enlaces reforçadores e de balanço do sistema e procurou estabelecer a dinâmica entre os principais elementos: *políticas, demanda, setor público, setor privado, atratividade dos setores e demanda para o ensino superior*. Observou-se que a estrutura é de um sistema que tende ao equilíbrio entre *público* e *privado*. Os elementos presentes no diagrama de enlace causal foram transformados em estruturas de estoque e de fluxos, cujos relacionamentos foram modelados segundo relações percebidas entre os dados estudados, em análises e opiniões de especialistas, e na experiência da própria pesquisadora. A partir dessas estruturas, foi possível construir um modelo de simulação que permitiu analisar o comportamento das variáveis envolvidas (saídas do modelo). Estas saídas foram comparadas com os dados reais, indicando que o modelo, ainda que com algumas ressalvas, era adequado para os objetivos do trabalho, ou seja, gerar um sistema que permitisse aprendizado acerca do sistema analisado.

A última etapa da metodologia proposta foi a análise de cenários, apresentada no capítulo 6. Essa análise teve o objetivo de avaliar o potencial de aprendizado da ferramenta. Foram analisados quatro cenários previamente definidos em análises realizadas por consultores da área da educação superior (PORTO; RÉGNIER, 2003). Os cenários tiveram como vetores: *conceito* de educação como bem público ou como mercadoria e a dinâmica do crescimento econômico. Para os quatro cenários, foram ajustadas as variáveis correspondentes, e foram feitas simulações, sendo os resultados analisados qualitativamente.

Quanto à análise dos cenários, alguns aspectos merecem ser destacados. Embora nos quatro cenários, no final do período de simulação, a meta de jovens no ensino superior (matriculados neste nível em relação ao total de jovens) esteja próxima de 100%, nos cenários A e B essa meta foi reajustada para um percentual maior. Nestes dois cenários, há crescimento econômico e o ensino médio é obrigatório, fazendo com que a demanda seja maior. Além disso, há maior abertura de vagas, seja no setor público, no cenário A, seja no setor privado, no cenário B. Como consequência, o setor como um todo experimenta crescimento. De forma inversa, nos cenários C e D há estagnação econômica e o crescimento da educação superior não é muito maior do que o já experimentado até 2008. Nos quatro cenários observa-se que, quando a educação é tratada como mercadoria, há ampliação da capacidade do setor e também queda do preço das mensalidades.

Uma análise rápida com base dos dados apresentados no Quadro 4 indica que tanto a orientação para o setor público quanto para o setor privado pode suprir a carência de jovens graduandos no Brasil, desde que exista um crescimento econômico associado. Se o direcionador for o setor público, será necessário mais investimento por parte do Estado, proporcionando ensino gratuito para uma parcela maior da população. No entanto, a parcela atendida pelo setor privado teria um maior custo com mensalidades. Já na situação inversa, embora menos pessoas pudessem ter acesso ao ensino gratuito, os preços das mensalidades tenderiam a ser menores, em função da concorrência associada ao maior número de vagas no setor privado.

Como resultado final deste trabalho, pode ser citada a construção do próprio modelo de simulação. Este modelo permite análise de vários cenários, ou mesmo análises individuais de variáveis. Tais análises permitem gerar aprendizado acerca do sistema, por meio da verificação do seu comportamento a partir de alterações em sua estrutura.

Como se trata de um modelo, o mesmo apresenta limitações. Algumas são decorrentes da incapacidade de se estabelecer todas as relações e vínculos entre as variáveis presentes no sistema real. Outras referem-se à falta de mensuração formal de diversos indicadores, como demanda reprimida, preços praticados pelo setor privado e atratividade entre o setor público e o setor privado. No entanto, estas limitações acabam se transformando em um dos aprendizados do modelo, pois este oferece saídas que permitem ao menos conhecer como se daria o comportamento dessas variáveis.

Como estudo futuro, sugere-se refinar os pressupostos ou limitações apontadas neste trabalho, em especial investigar e implementar:

- demanda reprimida;
- atratividade percebida do setor público em relação ao privado;
- preços das mensalidades no setor privado;
- atratividade percebida do ensino a distância em relação ao presencial;
- incentivo ao EaD no setor público;
- distorção idade-série;
- outros *delays* possíveis e presentes no sistema real.

Além da análise dessas variáveis, sugere-se ampliar o modelo para incorporar indicadores de eficiência interna dos setores, levando em consideração custo ou gasto por aluno, faturamento, evasão e outros indicadores de qualidade estabelecidos no SINAES. Com o novo modelo do Censo da Educação Superior implantado em 2009 (INEP, 2010), é possível, a partir da divulgação de seus resultados, que outras

situações ou dados possam contribuir para refinar o modelo proposto. Outra sugestão seria diferenciar os diversos tipos de IES: particulares em estrito senso, comunitárias, faculdades isoladas, universidades e assim por diante.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA SENADO. **Lula sanciona projeto de Cristóvam que universaliza ensino médio gratuito.** Disponível em <<http://www.senado.gov.br/agencia/verNoticia.aspx?codNoticia=96895&codAplicativo=2¶metros=ensino+medio>> Acesso em 30/10/2009.

ANDRADE, Aurélio Leão de *et al.* **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade.** Porto Alegre: Bookman, 2006.

ANDRADE, Aurélio Leão de. Pensamento sistêmico: um roteiro básico para perceber as estruturas da realidade organizacional. **REAd**, v. 3, n. 1, mai-jun 1997.

BIANCHI, Carmine; MONTEMAGGIORE, Giovan Battista. Enhancing strategy design and planning in public utilities through “dynamic” balanced scorecards: insights from a project in a city water company. **System Dynamics Review**, v. 24, n. 2, 2008.

BRAGA, Ryon; MONTEIRO, Carlos A. **Planejamento Estratégico Sistêmico para Instituições de Ensino.** São Paulo: Hoper, 2005.

BRAGA, Juliana. Aumento no número de vagas não democratiza o ensino. **UnB Agência.** Publicação Eletrônica. Disponível em <<http://www.unb.br/noticias/bcopauta/index2.php?i=598>> Acesso em 23/02/2010.

BRASIL. **Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Presidência da República. Brasília, DF: Diário Oficial da União de 23 de dezembro de 1996.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm. Acesso em 28/02/2010.

BRASIL. **Lei nº 10.172**, de 09 de janeiro de 2001. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. Presidência da República. Brasília, DF: Diário Oficial da União de 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. **Lei nº 10.861**, de 14 de abril de 2004. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - SINAES e dá outras Providências. Presidência da República. Brasília, DF: Diário Oficial da União de 15 de abril de 2004.

BRASIL. **Lei nº 12.061**, de 27 de outubro de 2009. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12061.htm>. Acesso em 13/03/2010.

CABALLERO, R. *et al.* Efficient assignment of financial resources within a university system. Study of the University of Malaga. **European Journal of Operational Research**, v. 33, p. 298-309, 2001.

CAPELO, Carlos; DIAS, João Ferreira. A system dynamics-based simulation experiment for testing mental model and performance effects of using the balanced scorecard. **System Dynamics Review**, v. 25, n. 1, 2009.

CARNEIRO, Moaci Alves. **LDB Fácil: leitura crítico-compreensiva artigo a artigo**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.

CARVALHO, Marcio André de. **A System Dynamics Analysis of the Higher Level Educational System in Brazil**. 2001. 47 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Rockefeller College of Public Administration and Policy, State University of New York at Albany – SUNY/Albany, Albany, 2001.

CUNHA, João Carlos da; AKEL SOBRINHO, Zaki. Planejamento Estratégico em uma Universidade Pública Brasileira. ENCONTRO DA ANPAD (EnANPAD), XXVI, Salvador, 2002. **Anais...** Salvador: ANPAD, 2002.

DALVI, Cristina *et al.* **Análise setorial do ensino superior privado no Brasil: tendências e perspectivas 2005-2010.** Brasil: Hoper, 2005.

DELGADO FILHO, Adauto Bezerra. **Uma análise do processo de planejamento estratégico da Pró-Reitoria de Desenvolvimento Universitário da Unicamp.** 199 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

DIAS, Tereza Cristina; MAGALHÃES, Elenice Maria de; BARBOSA, Telma Regina C. G. Elementos que Influenciam o Planejamento Estratégico em Universidades: Um Estudo de Caso. ENCONTRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E GOVERNANÇA, II, São Paulo, 2006. **Anais...** São Paulo: ANPAD, 2006.

DIAS SOBRINHO, José; BRITO, Márcia Regina F. de. La educación Superior en Brasil: principales tendencias y desafíos. **Avaliação**, v. 13, n. 2, p. 487-507, jul. 2008.

DYSON, Robert G. Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. **European Journal of Operational Research**, v. 152, p. 631–640, 2004.

EHRlich, Pierri. J. **Dinâmica de Sistemas na Gestão Empresarial.** Material de apoio à disciplina Gestão Dinâmica de Negócios no programa de MPA Mestrado Profissionalizante em Administração da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESP). Disponível em: <http://www.fgv.br/academico/professores/Pierre_J_Ehrlich/>. Acesso em 15/06/2010.

FERNANDES, Amarildo da Cruz. Dinâmica de Sistemas e *Business Dynamics*: Tratando a Complexidade no Ambiente de Negócios. ENCONTRO NACIONAL DE

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGERP), XXIII, 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2001.

FERNANDES, Amarildo da Cruz. Scorecard Dinâmico: Integrando a Dinâmica de Sistemas com o Balanced Scorecard. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGERP), XXIII, 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2003.

FERREIRA, Luciano. BORENSTEIN, Denis. Análise da Viabilidade da Produção de Biodiesel a Partir da Soja no Brasil. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (SBPO), XXXIX, 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SOBRAPO, 2007.

FORD, Andrew; FLYNN, Hilary. Statistical screening of system dynamics models. **System Dynamics Review**. v. 21, n. 4, 2005.

FORRESTER, Jay W. System dynamics - a personal view of the first fifty years. **System Dynamics Review**. v. 23, n. 2/3, 2007.

FORRESTER, Jay W. System dynamics – the next fifty years. **System Dynamics Review**. v. 23, n. 2/3, 2007.

GALBRAITH, Peter L. System dynamics and university Management. **System Dynamics Review**, v. 14, n. 1, 1998.

GARY, Michael Shayne *et al.* System dynamics and strategy. **System Dynamics Review**, v. 24, n. 4, 2008.

GUMPORT, Patricia J. Academic restructuring: Organizational change and institutional imperatives. **Higher Education**, v. 39, p. 67–91, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Síntese de Indicadores Sociais**: Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em 28/01/2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Site institucional**. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em 28/01/2009.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Site institucional**. Disponível em: <www.ipea.gov.br> Acesso em 28/01/2009.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Resumo Técnico Censo da Educação Superior 2007**. Brasília: 2009. Disponível em: <www.inep.gov.br> Acesso em 28/01/2009.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Sinopse estatística da educação superior**. Brasília, 1980 a 2008. Disponível em: <www.inep.gov.br/superior/censosuperior/sinopse> Acesso em 12/04/2009.

ISEE System (2009). **Site institucional**. Disponível em: <<http://www.iseesystems.com/>> Acesso em 06/02/2009.

ISEE System. **An Introduction to Systems Thinking**, [2009?].

KA-HO MOK, Joshua. From nationalization to marketization. **Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions**, v. 15, n. 2, p. 137-159, 2002.

LIBERATORE, Matthew J.; NYDICK, Robert L. Group Decision Making in Higher Education Using the Analytic Hierarchy Process. **Research in Higher Education**, v. 38, n. 5, p. 593-614, 1997.

McCOWAN, Tristan. Expansion without equity: An analysis of current policy on Access to higher education in Brazil. **Higher Education**, v. 53, p. 579-598, 2007.

MELLO, Alex Bolonha Fiúza *et al.*. **Reuni**: diretrizes gerais, 2007. Disponível em: <www.mec.gov.br> Acesso em 28/01/2009.

MILLER, Kent D.; WALLER, H. Gregory. Scenarios, Real Options and Integrated Risk Mangement. **Long Range Planning**, v. 36, p. 93-107, 2003.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Portaria Normativa nº 4 de 6 de agosto de 2008**. Regulamenta a aplicação do conceito preliminar de cursos superiores, para fins dos processos de renovação de reconhecimento respectivos, no âmbito do ciclo avaliativo do SINAES instaurado pela Portaria Normativa nº 1, de 2007. Brasília, DF: Diário Oficial da União de 06 de agosto de 2008.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **O Plano de Desenvolvimento da Educação: Razões, Princípios e Programas**. Disponível em <www.mec.gov.br> Acesso em 28/01/2009.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Site institucional**. Disponível em: <www.mec.gov.br> Acesso em 28/01/2009.

MIZRAHI, Shlomo. MEHREZ, Abraham. Managing quality in higher education systems via minimal quality requirements: signaling and control. **Economics of Education Review**, v. 21, p. 53–62, 2002.

NICULESCU, Mihai. Strategic positioning in Romanian higher education. **Journal of Organizational Change Management**, v. 19, n. 6, p. 725-737, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Relatório de monitoramento de educação para todos Brasil**

2008: Brasília : UNESCO, 2008. Disponível em: <www.unesco.org.br> Acesso em 28/01/2009.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial:** ferramentas para tomada de decisão. Tradução: Gustavo Severo de Borba *et al.*. Porto Alegre: Bookman, 1998.

PIMENTEL, Ricardo; FONSECA, Valéria Silva da. Sistema de Avaliação do Ensino Superior e Posicionamento Estratégico: Focalizando uma Instituição Privada do Estado do Paraná. ENCONTRO DA ANPAD (EnANPAD), XXVIII, Curitiba, 2004. **Anais...**Curitiba: ANPAD, 2004.

POHLMANN, Christopher Rosa. **Proposição de um método para apoiar a elaboração do posicionamento estratégico de Programas de Pós-Graduação baseado na dinâmica de sistemas.** Dissertação (mestrado) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2009.

PORTO, Cláudio. RÉGNIER, Karla. **O Ensino Superior no Mundo e no Brasil :** Condicionantes, Tendências e Cenários para o Horizonte 2003-2025, 2003. Disponível em <<http://www.macroplan.com.br>> Acesso em 28/01/2009.

POWERSIM (2009). **Site institucional.** Disponível em <<http://www.powersim.com/>> Acesso em 06/02/2009.

PROTIL, Roberto Max; FERNANDES, Amarildo da Cruz; SOUZA, Alfredo Benedito Kugeratski. Avaliação da pesquisa agropecuária em cooperativas agroindustriais utilizando um modelo de *scorecard* dinâmico. **V Encontro de Pesquisadores Latino-americanos de Cooperativismo e V Encuentro de Investigadores Latinoamericanos de Cooperativismo.** Ribeirão Preto, 2008. Disponível em <http://www.fundace.org.br/cooperativismo/pesquisa_ica_la_2008_artigos.php> Acesso em 18/04/2010.

RIEG, Denise Luciana; ARAÚJO FILHO, Targino de. O Uso das Metodologias “Planejamento Estratégico Situacional” e “Mapeamento Cognitivo” em uma Situação Concreta: o Caso da Pró-Reitoria de Extensão da UFSCar. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 2, p.163-179, agosto, 2002.

RISCAROLLI, Valéria; RODRIGUES, Leonel Cezar; ALMEIDA, Martinho Isnard Ribeiro de. Particularidades da Análise Ambiental para o Terceiro Setor : o caso das Universidades Comunitárias. ENCONTRO DA ANPAD (EnANPAD), XXVIII, Curitiba, 2004. **Anais...Curitiba: ANPAD, 2004.**

SARRICO, C. S.; DYSON, R. G. Using DEA for planning in UK universities an institutional perspective. **Journal of the Operational Research Society**, v. 51, p. 789-800, 2000.

SAXE, Jo Anne M. *et al.* Strategic planning for UCSF's community health nursing faculty practices. **Nurs Outlook**, v. 52, p. 79-88, 2004.

SCHWARTZMAN, Jacques; SCHWARTZMAN, Simon. **O ensino superior privado como setor econômico**. Trabalho realizado por solicitação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). 2002. Disponível em: <http://www.schwartzman.org.br/sitesimon/?page_id=546&lang=pt-br>. Acesso em 28/01/2009.

SCHWARTZMAN, Simon. **O “conceito preliminar” e as boas práticas de avaliação do ensino superior**. Texto apresentado no Seminário *As questões polêmicas da avaliação externa – o Enade, o IDD e o conceito preliminar dos cursos de graduação* promovido pela Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior (ABMES) realizado em 9 de setembro de 2008 em Brasília. Disponível em <<http://www.abmes.org.br/Seminarios/2008.asp>> Acesso em 17/12/2009.

SENGE, Peter M. **A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende**. Trad.: OP Traduções. 17. ed. São Paulo: Best Seller, 2004.

SHAFFER, Steven C. System Dynamics in Distance Education and a Call to Develop a Standard Model. **International Review of Research in Open and Distance Learning**, v. 6, n. 3, November, 2005.

SHOHAM, Snunith; PERRY; Milly. Knowledge management as a mechanism for technological and organizational change management in Israeli universities. **Higher Education**. v. 57, p. 227–246, 2009.

STERMAN, John D. Exploring the next great frontier: system dynamics at fifty. **System Dynamics Review**. v. 23, n. 2/3, p. 89-93, 2007.

STERMAN, John D. **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. Boston: McGraw-Hill, 2000. 982 p.

UOL Educação. **Ipea: ensino médio é principal gargalo da educação**. Disponível em <<http://educacao.uol.com.br/ultnot/2009/12/15/ult4528u910.jhtm>>. Acesso em 18/12/2009.

VENTANA (2009). **Site institucional**. Disponível em <<http://www.vensim.com/>> Acesso em: 06 fev. 2009.

VITOR, Josué; AÑEZ, Miguel; VERAS, Manoel. Modelagem e simulação de negócios: método *scorecard* dinâmico aplicado à formulação de estratégias. **Sistemas & Gestão**, v. 2, n. 2, p. 232-247, 2007.

ANEXO A – EQUAÇÕES

$AtratividadePb_X_Pv_Percebida(t) = AtratividadePb_X_Pv_Percebida(t - dt) +$
 $(Mudança_Percepção_atratividade) * dt$
 INIT $AtratividadePb_X_Pv_Percebida = 0.5$
 INFLOWS:
 $Mudança_Percepção_atratividade = (Atratividade_Pb_vs_Pv -$
 $AtratividadePb_X_Pv_Percebida)/Delay_percepção$
 $Demanda_ES_Reprimida(t) = Demanda_ES_Reprimida(t - dt) + (Entrada_Demanda_ES -$
 $Saída_Demanda_Reprimida - Desiste_Demanda_Reprimida) * dt$
 INIT $Demanda_ES_Reprimida = 4000000$
 INFLOWS:
 $Entrada_Demanda_ES = int(Razão_Candidatos + Volta_ao_ES)$
 OUTFLOWS:
 $Saída_Demanda_Reprimida = int(Ingressos_Pb + Ingressos_Pv + Ingressos_Pb_EaD + Ingressos_Pv_EaD)$
 $Desiste_Demanda_Reprimida = INT(Demanda_ES_Reprimida * 0.15)$
 $Matriculados_EM(t) = Matriculados_EM(t - dt) + (Ingressos_EM - Evasão_EM - Conclusão_EM) * dt$
 INIT $Matriculados_EM = 1600000$
 TRANSIT TIME = 4
 INFLOW LIMIT = INF
 CAPACITY = INF
 INFLOWS:
 $Ingressos_EM =$
 $INT(Max(População_15_a_19 * 1000000 * Razão_pop_15_a_19_no_EM, Delay_cumprimento_EM * Popul$
 $ação_15_a_19 * 1000000) / 3)$
 OUTFLOWS:
 $Evasão_EM = LEAKAGE OUTFLOW$
 LEAKAGE FRACTION = normal(0.17, 0.02)
 NO-LEAK ZONE = 0
 $Conclusão_EM = CONVEYOR OUTFLOW$
 $Matriculados_Pb(t) = Matriculados_Pb(t - dt) + (Ingressos_Pb - Conclusão_Pb - Evasão_Pb) * dt$
 INIT $Matriculados_Pb = 492232$
 TRANSIT TIME = 5
 INFLOW LIMIT = INF
 CAPACITY = INF
 INFLOWS:
 $Ingressos_Pb = INT(min(Vagas_Pb, Demanda_Pb_Presencial) * Função_ingresso_Pb)$
 OUTFLOWS:
 $Conclusão_Pb = CONVEYOR OUTFLOW$
 $Evasão_Pb = LEAKAGE OUTFLOW$
 LEAKAGE FRACTION = normal(0.1825, 0.01)
 NO-LEAK ZONE = 0
 $Matriculados_Pb_EaD(t) = Matriculados_Pb_EaD(t - dt) + (Ingressos_Pb_EaD - Evasão_Pb_EaD -$
 $Conclusão_Pb_EaD) * dt$
 INIT $Matriculados_Pb_EaD = 0$
 TRANSIT TIME = 5
 INFLOW LIMIT = INF
 CAPACITY = INF
 INFLOWS:
 $Ingressos_Pb_EaD = INT(min(Vagas_Pb_EaD, Demanda_Pb_EaD) * Função_ingresso_Pb)$
 OUTFLOWS:
 $Evasão_Pb_EaD = LEAKAGE OUTFLOW$
 LEAKAGE FRACTION = normal(0.1825, 0.01)
 NO-LEAK ZONE = 0
 $Conclusão_Pb_EaD = CONVEYOR OUTFLOW$

Matriculados_Pv(t) = Matriculados_Pv(t - dt) + (Ingressos_Pv - Conclusão_Pv - Evasão_Pv) * dt

INIT Matriculados_Pv = 885054

TRANSIT TIME = 4

INFLOW LIMIT = INF

CAPACITY = INF

INFLOWS:

Ingressos_Pv = INT(min(Vagas_Pv, Demanda_Pv__Presencial)*Função_ingresso_Pv)

OUTFLOWS:

Conclusão_Pv = CONVEYOR OUTFLOW

Evasão_Pv = LEAKAGE OUTFLOW

LEAKAGE FRACTION = normal(0.45,0.01)

NO-LEAK ZONE = 0

Matriculados_Pv_EaD(t) = Matriculados_Pv_EaD(t - dt) + (Ingressos_Pv_EaD - Conclusão_Pv_EaD - Evasão_Pv_EaD) * dt

INIT Matriculados_Pv_EaD = 0

TRANSIT TIME = 4

INFLOW LIMIT = INF

CAPACITY = INF

INFLOWS:

Ingressos_Pv_EaD = INT(min(Vagas_Pv_EaD, Demanda_Pv_EaD)*(Função_ingresso_Pv*0.6))

OUTFLOWS:

Conclusão_Pv_EaD = CONVEYOR OUTFLOW

Evasão_Pv_EaD = LEAKAGE OUTFLOW

LEAKAGE FRACTION = normal(0.45,0.01)

NO-LEAK ZONE = 0

Mercado_de_trabalho(t) = Mercado_de_trabalho(t - dt) + (Ingresso_Mercado - Desiste_ES - Volta_ao_ES) * dt

INIT Mercado_de_trabalho = 9000000

TRANSIT TIME = 4

INFLOW LIMIT = INF

CAPACITY = INF

INFLOWS:

Ingresso_Mercado = Conclusão_EM-Razão_Candidatos

OUTFLOWS:

Desiste_ES = CONVEYOR OUTFLOW

Volta_ao_ES = LEAKAGE OUTFLOW

LEAKAGE FRACTION = Função_demanda__reprimida

NO-LEAK ZONE = 0

Orçamento_ES_Sector_Público(t) = Orçamento_ES_Sector_Público(t - dt) + (Novos__recursos - Recursos__anuais) * dt

INIT Orçamento_ES_Sector_Público = 0

INFLOWS:

Novos__recursos = Orçamento_ES

OUTFLOWS:

Recursos__anuais = Orçamento_ES_Sector_Público

Preço_esperado(t) = Preço_esperado(t - dt) + (Mudança__percepção_preço) * dt

INIT Preço_esperado = Preço_inicial

INFLOWS:

Mudança__percepção_preço = (Preço_indicado-Preço_esperado)/Delay_mudança__percepção_preço

Vagas_Pb(t) = Vagas_Pb(t - dt) + (Criação_Vagas_Pb - Fechamento_Vagas_Pb) * dt

INIT Vagas_Pb = Vagas_Pb_Inicial

INFLOWS:

Criação_Vagas_Pb = INT((1-

Demanda_atendida_Pb)*Incentivo_a_vagas_Pb_Percebido*Vagas_Pb*Taxa_Criação_Pb)

OUTFLOWS:

Fechamento_Vagas_Pb = int(Vagas_Pb*Qualidade_Pb)

```

Vagas_Pb_EaD(t) = Vagas_Pb_EaD(t - dt) + (Criação_Vagas_Pb_EaD - Fechamento_Vagas_Pb_EaD) *
dt
INIT Vagas_Pb_EaD = 0
INFLOWS:
Criação_Vagas_Pb_EaD = IF time = Início_EaD THEN Vagas_Ead__Pb_Inicial ELSE
INT(Incentivo_a_vagas__Pb_Percebido_EaD*(1-
Demanda__atendida_Pb_EaD)*(Vagas_Pb_EaD*Taxa_Criação_Pb_EaD))
OUTFLOWS:
Fechamento_Vagas_Pb_EaD = int(Qualidade_Pb*Vagas_Pb_EaD)
Vagas_Pv(t) = Vagas_Pv(t - dt) + (Criação_Vagas_Pv - Fechamento_Vagas_Pv) * dt
INIT Vagas_Pv = Vagas_Pv_Inicial
INFLOWS:
Criação_Vagas_Pv = IF (Preço_mensalidade>Preço_mínimo) THEN
INT(Incentivo_a_vagas__Pv_Percebido*(1-
Demanda__atendida_Pv)*(Vagas_Pv*Taxa_Criação_Pv)*Ocupação__Vagas_Pv) ELSE 0
OUTFLOWS:
Fechamento_Vagas_Pv = int((Qualidade_Pv*Vagas_Pv) + (IF Preço_mensalidade<Preço_mínimo THEN
Vagas_Pv*Taxa__Fechamento_Pv ELSE 0))
Vagas_Pv_EaD(t) = Vagas_Pv_EaD(t - dt) + (Criação_Vagas__Pv_EaD - Fechamento_Vagas_Pv_EaD) *
dt
INIT Vagas_Pv_EaD = 0
INFLOWS:
Criação_Vagas__Pv_EaD = IF time = Início_EaD THEN Vagas_Pv_Ead_Inicial ELSE IF
(Preço_mensalidade_EaD>Preço_mínimo_EaD) THEN
INT(Incentivo_a_vagas__Pv_Percebido_EaD*((1-
Demanda__atendida_Pv_EaD)*2)*(1+(Vagas_Pv_EaD*Taxa_criação__Pv_EaD))*Ocupação_Vagas__Pv
_EaD) else 0
OUTFLOWS:
Fechamento_Vagas_Pv_EaD = int((Qualidade_Pv*Vagas_Pv_EaD) + (IF
Preço_mensalidade<Preço_mínimo THEN Vagas_Pv_EaD*Taxa_Fechamento_Pv_EaD ELSE 0))
*Step_EaD
UNATTACHED:
Demanda_Pb = int
((Razão_Candidatos+Demanda_ES__Reprimida_Calc)*AtratividadePb_X_Pv_Percebida)
UNATTACHED:
Demanda_Pb_Ead = Demanda_Pb*Atratividade_EaD_vs_presencial*Step_EaD
UNATTACHED:
Demanda_Pb_Presencial = Demanda_Pb-Demanda_Pb_EaD
UNATTACHED:
Demanda_Pv = int ((Razão_Candidatos+Demanda_ES__Reprimida_Calc)*(1-
AtratividadePb_X_Pv_Percebida))
UNATTACHED:
Demanda_Pv_EaD = Demanda_Pv*Atratividade_EaD_vs_presencial*Step_EaD
UNATTACHED:
Demanda_Pv__Presencial = Demanda_Pv-Demanda_Pv_EaD
Atratividade_EaD_inicial = 0.2
Atratividade_EaD_vs_presencial = SMTH1(Step_atratividade,Delay_demanda_EaD)
Atratividade_Pb_vs_Pv =
((Min(1, Demanda__atendida_Pb/Demanda__atendida_Pv)*Step_Peso__concorrência)+Atrativ_preço*Ste
p_Peso_preço+Qualidade_Pb_vs_Pv*Step_Peso__qualidade)
Atrativ_preço = Preço_esperado/Preço_indicado
Aumento__Demanda_EaD = SMTH1(Step_inicio_Demanda_EaD,Delay_demanda_EaD)
Delay_demanda_EaD = 4
Delay_EaD = 4
Delay_EM_médio = 4
Delay_incentivo__a_vagas_Pb_EaD = 5

```

```

Delay_incentivo__a_vagas_Pv = 2
Delay_incentivo__a_vagas_Pv_EaD = 2
Delay_incentivo__vagas_Pb = 4
Delay_mudança__percepção_preço = 3
Delay_percepção = 3
Delay_recursos_ES = 3
Delay__cumprimento_EM = SMTHN(Step_Ensino_Médio,Delay_EM_médio,2)
Demanda_ES_Reprimida_Calc = Demanda_ES_Reprimida*Percentual__Demanda
Demanda_vs_economia = Situação_econômica/Função_demanda
Demanda__atendida_Pb = MIN(1,Vagas_Pb/Demanda_Pb_Presencial)
Demanda__atendida_Pb_EaD = if Vagas_Pb_EaD>0 then MIN(1,Vagas_Pb_EaD/Demanda_Pb_EaD)
else 0
Demanda__atendida_Pv = MIN(1,Vagas_Pv/Demanda_Pv_Presencial)
Demanda__atendida_Pv_EaD = IF Vagas_Pv_EaD>0 then MIN(1,Vagas_Pv_EaD/Demanda_Pv_EaD)
else 0
Discrepância =
Min(1,(Matriculados_Pv+Matriculados_Pb+Matriculados_Pv_EaD+Matriculados_Pb_EaD)*Distorção_idade/
Meta_calculada)
Distorção_idade = 0.65
Efeito_da_ocupação_de_vagas_no_preço =
(Demanda__atendida_Pv/Ocupação__Vagas_Pv)^Sensitividade_do_Preço__em_função_das_vagas
EM_máximo = 0.9
Função_ingresso_Pb = normal(0.96,0.005)
Gasto_por_aluno_Pb_EaD_X_Presencial = 0.5
Gasto_por_aluno__Presencial_Pb = 12000
Incentivo_a_vagas_Pb_Percebido =
SMTHn(Incentivo_Vagas__Pb_Presencial,Delay_incentivo__vagas_Pb,0.01,1)*0.6
Incentivo_a_vagas__Pb_Percebido_EaD =
SMTH1(Incentivo_Vagas_EaD_Pb,Delay_incentivo__a_vagas_Pb_EaD,0)*Incentivo_Pb__EaD_X_Prese
ncial
Incentivo_a_vagas__Pv_Percebido = SMTH1(Incentivo__vagas_Pv,Delay_incentivo__a_vagas_Pv,0.01)
Incentivo_a_vagas__Pv_Percebido_EaD =
SMTH1(Incentivo__Vagas_Ead_Pv,Delay_incentivo__a_vagas_Pv_EaD,0)
Incentivo_Pb__EaD_X_Presencial = 0.05
Incentivo_Vagas_EaD_Pb = IF (Time=Início_EaD) THEN 1
ELSE IF ((Recursos_anuais_EaD/Matriculados_Pb_EaD) >
Gasto_por_aluno__Presencial_Pb*Gasto_por_aluno_Pb_EaD_X_Presencial) then (Max(0,1-
Discrepância)/Demanda__atendida_Pb_EaD)*Step_Público else 0
Incentivo_Vagas__Pb_Presencial = if ((Recursos_anuais__Presencial/Matriculados_Pb) >
Gasto_por_aluno__Presencial_Pb) then (Max(0,1-Discrepância)/Demanda__atendida_Pb)*Step_Público
else 0
Incentivo__Vagas_Ead_Pv = Incentivo__vagas_Pv*Step_EaD
Incentivo__vagas_Pv = Max(1-Discrepância,0)/Demanda__atendida_Pv*LDB_1996
Incremento__recursos = STEP(Percentual_Reuni, 2008)
Início_EaD = 2002
Início_Sinaes = Step(1,2009)
LDB_1996 = Step_Privado+STEP(0.5,1996)
Meta = 0
Meta_calculada = (População_20_a_24/5*7)*1000000*Step_Meta
Obrigatoriedade__EM_Ano_Início = 2012
Obrigatoriedade__Ensino_Médio = 1
Ocupação_Vagas__Pb_EaD = IF Vagas_Pb_EaD>0 THEN Min(1,Ingressos_Pb_EaD/Vagas_Pb_EaD)
ELSE 0
Ocupação_Vagas__Pv_EaD = IF Vagas_Pv_EaD>0 THEN MIN(1,Ingressos_Pv_EaD/Vagas_Pv_EaD)
ELSE 0
Ocupação__Vagas_Pb = Min(1,Ingressos_Pb/Vagas_Pb)

```

Ocupação__Vagas_Pv = MIN(1,Ingressos_Pv/Vagas_Pv)
 Orçamento_ES = Recursos__iniciais*(1+SMTHN(Incremento__recursos,Delay_recursos_ES,1,0))
 Percentual_Reuni = 0.2
 Percentual__Demanda = Min(1,Função_demanda*(1+Aumento__demanda_EaD))
 Peso_concorrência = 0
 Peso_Preço = 0
 Peso_qualidade = 0
 Preço_EaD_X__Presencial = 0.6
 Preço_indicado = MAX(Preço_mínimo,Preço_mensalidade)
 Preço_inicial = 500
 Preço_mensalidade = Preço_esperado*Efeito_da_ocupação_de_vagas_no_preço
 Preço_mensalidade_EaD = Preço_EaD_X__Presencial*Preço_mensalidade*Step_EaD
 Preço_mínimo = 400
 Preço_mínimo_EaD = Preço_EaD_X__Presencial*Preço_mínimo*Step_EaD
 Privado = 0
 Público = 0
 Qualidade_Pb = (1-Qualidade_Pb_vs_Pv)*Sinaes*Inicio_Sinaes
 Qualidade_Pb_vs_Pv = 0.8
 Qualidade_Pv = Sinaes*Qualidade_Pb_vs_Pv*Inicio_Sinaes
 Razão_Candidatos = Conclusão_EM*Percentual__Demanda
 Recursos_anuais_EaD =
 Recursos__anuais*SMTHN(Incentivo_Pb__EaD_X__Presencial*Step_EaD,Delay_EaD,1)
 Recursos_anuais__Presencial = Recursos__anuais*(1-
 (SMTHN(Incentivo_Pb__EaD_X__Presencial*Step_EaD,Delay_EaD,1)))
 Recursos__iniciais = 14000000000
 Reuni = 0.15
 Sensitividade_do_Preço__em_função_das_vagas = -0.05
 Sinaes = 0.03
 Step_atratividade = step(Atratividade_EaD_inicial,Início_EaD)
 Step_EaD = STEP(1,Início_EaD)
 Step_Ensino_Médio =
 Obrigatoriedade__Ensino_Médio*STEP(EM_máximo,Obrigatoriedade__EM_Ano_Início)
 Step_inicio_Demanda_EaD = Step(Taxa_aumento__demanda_EaD,Início_EaD)
 Step_Meta = 0.3+Step(Meta,2008)
 Step_Peso_preço = 0.15+STEP(Peso_Preço,2008)
 Step_Peso__concorrência = 0.65+step(Peso_concorrência,2008)
 Step_Peso__qualidade = 0.20+STEP(Peso_qualidade,2008)
 Step_Privado = 0.05+STEP(Privado, 2008)
 Step_Público = 0.10+Step(Reuni,1999) + Step(Público,2008)
 Taxa_aumento__demanda_EaD = 0.2
 Taxa_Criação_Pb = 0.1
 Taxa_Criação_Pb_EaD = 0.60
 Taxa_Criação_Pv = 0.60
 Taxa_criação__Pv_EaD = 1
 Taxa_Fechamento_Pv_EaD = 0.01
 Taxa__Fechamento_Pv = 0.05
 Vagas_Ead__Pb_Inicial = 2000
 Vagas_Pb_Inicial = 126940
 Vagas_Pv_Ead_Inicial = 100000
 Vagas_Pv_Inicial = 277874
 Função_demanda = GRAPH(Situação_econômica)
 (6.00, 0.62), (6.74, 0.72), (7.47, 0.75), (8.21, 0.75), (8.95, 0.75), (9.68, 0.77), (10.4, 0.785), (11.2, 0.785),
 (11.9, 0.805), (12.6, 0.83), (13.4, 0.85), (14.1, 0.865), (14.8, 0.865), (15.6, 0.87), (16.3, 0.87), (17.1, 0.87),
 (17.8, 0.88), (18.5, 0.89), (19.3, 0.895), (20.0, 0.915)
 Função_demanda__reprimida = GRAPH(TIME)

(1980, 0.55), (1987, 0.65), (1994, 0.78), (2001, 0.9), (2008, 0.85), (2015, 0.8), (2022, 0.8), (2029, 0.8), (2036, 0.8), (2043, 0.8), (2050, 0.8)

Função_ingresso_Pv = GRAPH(Demanda_vs_economia)

(10.0, 0.82), (10.8, 0.83), (11.6, 0.78), (12.4, 0.76), (13.2, 0.76), (13.9, 0.77), (14.7, 0.77), (15.5, 0.78), (16.3, 0.782), (17.1, 0.79), (17.9, 0.8), (18.7, 0.8), (19.5, 0.81), (20.3, 0.815), (21.1, 0.815), (21.8, 0.82), (22.6, 0.825), (23.4, 0.83), (24.2, 0.835), (25.0, 0.84)

População_15_a_19 = GRAPH(TIME)

(1991, 14.6), (1992, 15.0), (1993, 15.3), (1994, 15.7), (1995, 16.0), (1996, 16.5), (1997, 16.9), (1998, 17.3), (1999, 17.7), (2000, 17.9), (2001, 18.0), (2002, 17.9), (2003, 17.8), (2004, 17.6), (2005, 17.4), (2006, 17.1), (2007, 16.9), (2008, 16.6), (2009, 16.5), (2010, 16.4), (2011, 16.4), (2012, 16.5), (2013, 16.6), (2014, 16.8), (2015, 16.9), (2016, 17.1), (2017, 17.2), (2018, 17.2), (2019, 17.2), (2020, 17.0), (2021, 16.8), (2022, 16.5), (2023, 16.1), (2024, 15.7), (2025, 15.3), (2026, 14.9), (2027, 14.5), (2028, 14.1), (2029, 13.8), (2030, 13.5), (2031, 13.3), (2032, 13.1), (2033, 12.9), (2034, 12.8), (2035, 12.7), (2036, 12.6), (2037, 12.5), (2038, 12.4), (2039, 12.4), (2040, 12.3), (2041, 12.2), (2042, 12.1), (2043, 12.0), (2044, 11.9), (2045, 11.7), (2046, 11.6), (2047, 11.4), (2048, 11.2), (2049, 11.0), (2050, 10.8)

População_20_a_24 = GRAPH(TIME)

(1980, 11.5), (1981, 11.9), (1982, 12.3), (1983, 12.8), (1984, 13.1), (1985, 13.4), (1986, 13.6), (1987, 13.8), (1988, 13.9), (1989, 14.0), (1990, 14.0), (1991, 14.1), (1992, 14.2), (1993, 14.2), (1994, 14.3), (1995, 14.5), (1996, 14.7), (1997, 14.9), (1998, 15.2), (1999, 15.5), (2000, 15.9), (2001, 16.3), (2002, 16.8), (2003, 17.2), (2004, 17.5), (2005, 17.8), (2006, 17.8), (2007, 17.7), (2008, 17.5), (2009, 17.2), (2010, 17.0), (2011, 16.8), (2012, 16.5), (2013, 16.4), (2014, 16.3), (2015, 16.3), (2016, 16.4), (2017, 16.5), (2018, 16.7), (2019, 16.8), (2020, 17.0), (2021, 17.1), (2022, 17.1), (2023, 16.9), (2024, 16.7), (2025, 16.4), (2026, 16.0), (2027, 15.6), (2028, 15.3), (2029, 14.8), (2030, 14.4), (2031, 14.1), (2032, 13.7), (2033, 13.4), (2034, 13.2), (2035, 13.0), (2036, 12.9), (2037, 12.7), (2038, 12.6), (2039, 12.5), (2040, 12.5), (2041, 12.4), (2042, 12.3), (2043, 12.3), (2044, 12.2), (2045, 12.1), (2046, 12.0), (2047, 11.8), (2048, 11.7), (2049, 11.7), (2050, 11.7)

Razão_pop_15_a_19_no_EM = GRAPH(TIME)

(1980, 0.17), (1987, 0.216), (1994, 0.33), (2001, 0.47), (2008, 0.531), (2015, 0.561), (2022, 0.594), (2029, 0.624), (2036, 0.657), (2043, 0.687), (2050, 0.72)

Situação_econômica = GRAPH(TIME)

(1980, 6.71), (1985, 6.37), (1990, 6.35), (1995, 6.78), (2000, 6.95), (2005, 7.44), (2010, 8.41), (2015, 8.58), (2020, 8.95), (2025, 9.21), (2030, 9.48), (2035, 9.75), (2040, 10.0), (2045, 10.3), (2050, 10.6)

ANEXO B – VARIÁVEIS AJUSTADAS POR CENÁRIO

Cenário A

Crescimento sustentado:

- Situação econômica: incremento gradual até U\$ 19,00 em 2050.

Ampliação absoluta e relativa do ensino superior público:

- Público: incremento de 0.30 a partir de 2008.
- Privado: incremento de 0.10 a partir de 2008.
- Percentual incremento Reuni: ajuste para 0.4
- Incremento Meta: 0.2

Ensino médio universalizado e obrigatório:

- Ensino Médio: obrigatório a partir de 2012.

Forte regulação do Estado baseada na qualidade:

- SINAES: ajuste para 0.10.

Melhoria das instituições privadas:

- Qualidade Pb vs Pv: redução para 0.70

Variáveis de percepção ajustadas:

- Peso qualidade: aumento de 0.20
- Peso concorrência: redução de 0.20

Cenário B

Crescimento sustentado:

- Situação econômica: incremento gradual até U\$ 19,00 em 2050.

Ensino médio universalizado e obrigatório:

- Ensino Médio: obrigatório a partir de 2012.

Ampliação ensino superior privado:

- Privado: incremento de 0.30 a partir de 2008.

Melhora da qualidade no setor privado:

- Qualidade Pb vs Pv: redução para 0.6

Educação como vetor de inclusão social

- Incremento Meta: 0.2

Variáveis de percepção ajustadas:

- Peso qualidade: aumento de 0.20
- Peso concorrência: redução de 0.20
- Atratividade EaD vs Presencial: aumento para 0.30

Cenário C

Ensino médio não universalizado, mas com crescimento:

- Função Razão pop 15 a 19 anos no EM: aumento gradual até 0.80 em 2050.

Educação como bem público

- Público: aumento de 0.20

Perda de qualidade no setor público

- Qualidade Pb vs Pv: redução para 0.70

Elevação da demanda para ensino a distância

- Atratividade EaD vs Presencial: aumento para 0.30

Retração na expansão do setor privado

- Taxa Criação Pv: redução para 0.4 a partir de 2008

Cenário D

Setor Privado estimulado a atender à demanda:

- Privado: aumento em 0.40

Regulação seletiva

- SINAES: redução para 0.01