

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA
EM REDE NACIONAL

GÍLSON MAEKAWA KANASHIRO

**Uma proposta de modelo de organização
para o ensino de matemática**

Maringá

2017

GÍLSON MAEKAWA KANASHIRO

Uma proposta de modelo de organização para o ensino de matemática

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT, do Departamento de Matemática, da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Área de concentração: Matemática

Orientador: Prof. Dr. Thiago Fanelli Ferraiol

Maringá

2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)**

K16p Kanashiro, Gílson Maekawa
Uma proposta de modelo de organização para o ensino de matemática / Gílson Maekawa Kanashiro. -- Maringá, 2017.
109 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Fanelli Ferraiol.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Matemática, Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, 2017.

1. Matemática - Ensino. 2. Modelo multirreferencial. 3. Matemática - Educação. I. Ferraiol, Thiago Fanelli, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Matemática. Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional. III. Título.

CDD 23.ed. 510.7

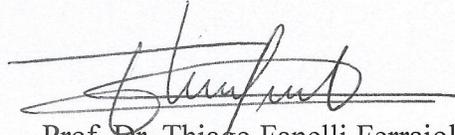
ECSL

GILSON MAEKAWA KANASHIRO

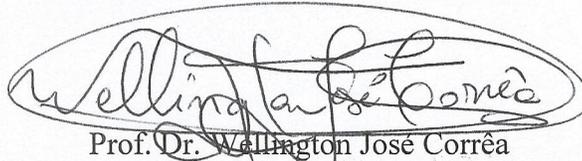
**UMA PROPOSTA DE MODELO DE ORGANIZAÇÃO PARA O ENSINO
DE MATEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional do Departamento de Matemática, Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Matemática tendo a Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA:



Prof. Dr. Thiago Fanelli Ferraiol
DMA/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)



Prof. Dr. Wellington José Corrêa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campo Mourão



Prof. Dr. Eduardo de Amorim Neves
DMA/Universidade Estadual de Maringá

Aprovado em: 23 de março de 2017.

Local de defesa: Auditório do DMA, Bloco F67, campus da Universidade Estadual de Maringá.

Àqueles que buscam respostas
para uma vida plena.

Agradecimentos

Depois de uma longa e intensa jornada, escrever esse texto é um misto de satisfação, de sentimento de dever cumprido, de promessa cumprida. É uma imensa alegria.

Foi uma jornada exaustiva e imprevisível... Frustrante, às vezes, não nego. Mas, que fazer? Adorei me arremessar de volta aos livros, ter-me dado ao trabalho árduo, suar frio diante das provas, duvidar do meu preparo e temer a exigência de vários professores.

Tenho a consciência de que a superação das dificuldades é que constroem os momentos mais épicos da vida de alguém. Tenho a certeza – dentre as poucas que tenho – de que vivi mais um desses momentos, compartilhando essa parte da minha vida com pessoas que realmente fazem a diferença. Acho que é por isso que se deixa registrado algo tão importante.

Se existe alguém que o influencia a fazer algo inusitado, esses são muitas vezes os amigos. A um grande companheiro de docência, de Campo Mourão, agradeço, João Alessandro, por ter me incentivado a fazer o Exame Nacional e pelas dicas valiosas para a Qualificação.

Aos meus professores, agradeço a todos pela feliz coincidência de tê-los como preceptores. Quero expressar os mais profundos sentimentos de gratidão aos professores: Josiane Cristina de Oliveira Maia, Juan Amadeo Soriano Palomino, Laerte Bemm, Luciene Parron Gimenes Arantes, Marcos Roberto Teixeira Primo, Maria Elenice Rodrigues Hernades, Thiago Fanelli Ferraiol, Wesley Vagner Inês Shirabayashi, Émerson Vitor Castelani, Cícero Lopes Frota, Eduardo de Amorim Neves, que em mais ou menos tempo de convívio, dedicaram um tempo precioso para nos orientar.

Falando em orientação, em especial, tenho que agradecer pelo trabalho intenso do meu orientador, Thiago Fanelli Ferraiol, que também compartilha parte das preocupações epistemológicas que esse trabalho suscitou. Agradeço às suas valiosas indicações de cunho técnico-científico, às orientações metodológicas, aos frequentes contatos que se estenderam

do presencial ao virtual, dos dias úteis aos fins de semana. Mas, tenho que agradecê-lo principalmente pelo seu companheirismo, sua tolerância e a sua enorme paciência italiana, certamente, maior que a dita oriental.

Agradeço também ao professor Laerte Bemm, coordenador da pós-graduação, pelas valiosas dicas e pela árdua dedicação com que brindou o programa, estoicamente atravancando o cenário de intensa crise que assolou o País nesses anos.

A vida em sala teria sido muito sem graça, não fosse o companheirismo dos meus colegas: Paula, Carol, Denir, Valdenor, Fernando, Flávio, Zé, Dani, Nayara, Gizelli, Michael, Marcelo. Agradeço pelos bons momentos, pelas poucas e boas que passamos juntos. Essa jornada não poderia ter sido melhor.

Aos meus pais, os meus agradecimentos pelos cuidados com que me educaram, que me guiaram para ser o que hoje me tornei.

Finalmente, quero agradecer à minha esposa pelos momentos de apoio, pois vencemos alguns desafios nesse mesmo período: mudamos de cidade e nos reposicionamos profissionalmente. Agradeço a essas e outras felicidades que, juntamente com nossa filha, temos partilhado juntos.

Março/2017

G.M.K.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou construção”

Paulo Freire

Resumo

Este trabalho contém um modelo que chamamos multirreferencial, entre outras razões, pela adoção de várias referências que o compõem. A adoção desse modelo justifica-se pelo fato de que as soluções de problemas que afetam a Educação Matemática, particularmente no Brasil, não são apenas a mera junção de soluções políticas, econômicas, sociais ou pedagógicas. Pelo menos, essa abordagem ainda está se mostrando uma solução restrita para o problema mais geral, o de natureza complexa, com o qual se relaciona o tema da Educação. Nesse contexto, o modelo é o resultado de uma pesquisa exploratória, que busca facilitar a implementação de elementos já identificados ou influenciadores de boas práticas, integrando-os gradualmente na vida daqueles que o utilizam. De fato, um dos objetivos do modelo era transformar propostas em ações reais e implementá-las em uma rotina educacional, onde professores e alunos fazem parte de um processo ativo. Apresentam-se e comentam-se alguns resultados, derivados de práticas de sala de aula, mostrando como a participação de professores e alunos pode ser monitorada e controlada por eles mesmos, em uma dinâmica mais colaborativa do que avaliativa.

Palavras-chave: modelo, multirreferencial, educação, matemática.

Abstract

This work contains a model that we call multireferential, among other reasons, by adoption of several references that compose it. The adoption of this model is justified by the fact that the solutions of problems that affect Mathematics Education, particularly in Brazil, are not only the mere combination of political, economic, social or pedagogical solutions. At least, this approach is still showing a limited solution to the general problem, that of complex nature, which is related to the subject of Education. In this context, the model is the result of exploratory research, which seeks to facilitate the implementation of already identified elements or influencers of good practices, integrating them gradually into the lives of those who make use of it. In fact, one of the objectives of the model was to turn proposals in real actions and implement them in a educational routine, where teachers and students are part of an active process. Some results, derived from classroom practices, are presented and commented on, showing how the participation of teachers and students can be monitored and controlled by themselves, in a more collaborative rather than evaluative dynamic.

Keywords: model, multireferential, education, mathematics.

Lista de Figuras

1.1	Títulos de dissertações do PROFMAT relacionados à Educação Matemática de 2014 a 2016	18
1.2	Radicais presentes em títulos relacionados à educação matemática.	21
2.1	Mapa sinóptico das teorias da aprendizagem	29
2.2	Áreas de Broca e de Wernicke, obtidas por f-MRI. A imagem da direita destaca as áreas ativadas ao reconhecer o gesto de levar o indicador aos lábios - “Silêncio!”	40
2.3	Exemplo de gamificação: elementos de jogos presentes na interface educacional Khan Academy.	44
3.1	A vantagem lúdica: usando traços, bolinhas e mãozinhas com seis dedinhos!	52
3.2	Confusão na rede neural.	53
3.3	Não perca tempo: anotar no caderno a mesma coisa que está no livro, esclarece?	54
3.4	Modelo multirreferencial, suas três áreas e fases.	59
3.5	Adequando material para um artefato (slide) conforme ROPES.	64
3.6	O método da resolução de problemas de Pólya	71
3.7	Avaliações mais comuns no ambiente escolar	74
3.8	Filosofia do controle de processo de ensino-aprendizagem. Intervir antes de um desastre na prova final.	75
3.9	Controle do processo de ensino-aprendizagem: todos devem acompanhar o desempenho.	82
3.10	Quadro de <i>post-it's</i> para acompanhar o processo de ensino-aprendizagem. .	83
3.11	Cronograma típico, contendo várias ações e atividades ocorrendo concomitantemente.	84

3.12	Visão esperada da evolução das atividades com o uso do modelo multirreferencial.	85
4.1	Observa-se a ausência da revisão, da visão geral e do resumo do tópico, se considerada a estrutura do método ROPES.	90
4.2	Primeiros slides: não há resumo, nem uma visão geral do assunto.	90
4.3	Etapas de revisão e visão geral em um único slide: dirija uma discussão.	91
4.4	Etapas de resumo: já ligado ao próximo conteúdo.	92
4.5	Autoavaliação. À esquerda, uma visão geral. À direita acima, a atividade proposta e, mais abaixo, a autoavaliação sobre o pedido do item “c” da questão.	93
4.6	Resultados da autoavaliação: baixa adesão inicial.	95
4.7	Indicador de Participação. Em preto, o resultado das autoavaliações feitas (AA1 e AA2); em cinza, a meta desejada e as próximas autoavaliações planejadas.	96
4.8	Indicadores de desempenho e participação da Turma A (em percentuais). No gráfico da esquerda visualiza-se o desempenho da turma e, à direita, visualiza-se o nível de participação.	98
4.9	Indicadores de desempenho e participação da Turma B (em percentuais). No gráfico da esquerda visualiza-se o desempenho da turma e, à direita, visualiza-se o nível de participação.	99

Lista de Tabelas

2.1	Eventos de aprendizagem de Robert M. Gagné	34
2.2	Etapas para gamificação de estratégias educacionais	45
3.1	Eventos de aprendizagem de Gagné. Prática em sala e o modelo ROPES .	65
3.2	Fase de Início: o artefato é uma autoavaliação diagnóstica com o propósito de definir seus rumos.	76
3.3	Autoavaliações. O aluno deve realizá-las durante o transcorrer do curso. . .	79
3.4	Controle do processo de ensino-aprendizagem - Autoavaliações semanais . .	82

Sumário

1	Introdução	17
1.1	Motivação	17
1.2	A justificativa, o problema de pesquisa e os objetivos	18
1.3	Metodologia empregada na dissertação	20
1.4	Breve resumo dos capítulos seguintes	22
2	Fundamentos teóricos	23
2.1	Multirreferencialidade	23
2.2	Psicologia cognitiva	27
2.2.1	A contribuição de Jean Piaget	32
2.2.2	A contribuição de Vygotsky	32
2.2.3	A contribuição de Robert Mills Gagné	33
2.3	Neurociência cognitiva	35
2.3.1	Evidências sobre como o cérebro processa a linguagem	38
2.4	Gamification	41
3	Das reflexões à prática	47
3.1	Reflexões teóricas	47
3.2	Reflexões empíricas: da prática docente ao modelo	51
3.3	Um modelo para o processo de ensino-aprendizagem	57
3.3.1	A utilização do modelo	62
3.3.2	Artefatos	63
3.3.3	Artefatos abstratos	66
3.3.4	Indicadores: controle do processo ao invés de provas	70
3.3.5	O controle do processo de ensino-aprendizagem	80

3.3.6	Fases	83
4	Implementação, experimentação e resultados	87
4.1	Gamification	87
4.2	Artefatos	89
4.3	Artefatos para autoavaliação dos alunos	93
4.4	Artefato para controle do processo de ensino-aprendizagem	95
5	Conclusões e encaminhamentos	101
	Bibliografia	105

Capítulo 1

Introdução

Esse capítulo situa o leitor em um ponto de partida da pesquisa descrita nesta dissertação, conduzindo-o pelas motivações, pelas justificativas, pelo método e pelos objetivos propostos. Ao final, expõe-se um breve resumo dos próximos capítulos.

1.1 Motivação

Se observarmos um rol de todas as dissertações já feitas no PROFMAT - Programa Nacional de Mestrado Profissional em Matemática, será evidente que existem pesquisas diversas na área de Educação Matemática. Dentre elas, no programa ao qual essa dissertação está vinculada, existem centenas de dissertações que oferecem propostas inovadoras.

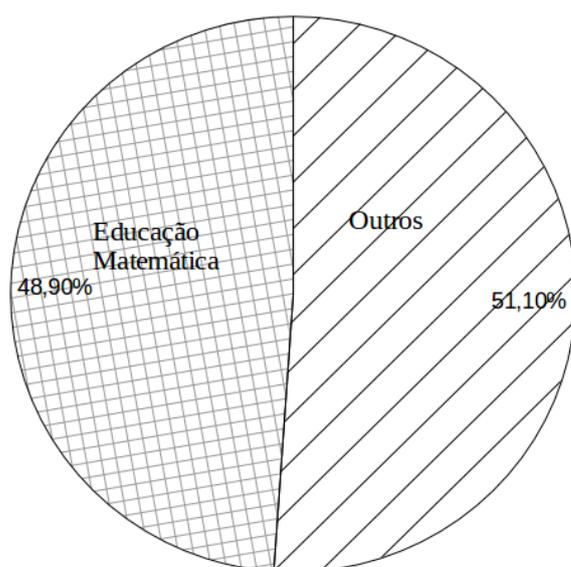
A ideia de explorar um modo sistemático que permitisse a implementação dessas propostas deu origem à idealização de uma espécie de plataforma ou modelo. Essa ideia enfrentou inicialmente uma fase crítica, no sentido de que talvez não tivesse aderência ao programa ou não agregasse uma contribuição. A justificativa para persistirmos nessa ideia será discutida na seção 1.2.

A pesquisa por sinal acabou se justificando e tanto o problema a ser pesquisado quanto um objetivo geral foram delineados. Desse intento, resultou a breve seção que expomos a seguir.

1.2 A justificativa, o problema de pesquisa e os objetivos

Justificou-se a construção de um modelo ou plataforma, realizando um levantamento que abrangeu dissertações defendidas nos últimos três anos (2014 a 2016) no PROFMAT, ao qual este trabalho está vinculado.

Em termos de abrangência, o levantamento prospectou 2096 dissertações dos 2872 registros do PROFMAT¹, o que corresponde a 72,98% do total já aprovado pelo programa desde seu início em todo o País. Desse levantamento, observa-se que 48,90% (1025 dissertações) tratam de temas relacionados direta ou indiretamente com o tema Educação Matemática. Com base nesses dados, evidencia-se uma forte preocupação dos mestrandos (e dos orientadores) do PROFMAT com o tema Educação Matemática. (Figura 1.1).



Fonte: Arquivos pessoais do autor.

Figura 1.1: Títulos de dissertações do PROFMAT relacionados à Educação Matemática de 2014 a 2016

Além desse fato, observou-se outro relevante: 180 dessas dissertações possuem títulos que contem explícita e conjuntamente as palavras “proposta(s)” e “ensino”. Tal resultado nos leva a deduzir que são trabalhos inovadores ou, no mínimo, expõem boas práticas relacionadas à atividade docente ou ao aprendizado discente, o que de fato impacta a rotina em sala de aula (como propõe o regimento do PROFMAT).

Por outro lado, a construção dessa visão geral fez perceber que, apesar de haver a pre-

¹Valores atualizados em 19/01/2017.

ocupação com o ensino da matemática em si, não há proporcionalmente uma preocupação com planos de adaptação ao currículo ou ainda com planos relacionados à implantação das propostas no contexto da realidade das escolas.

O problema de pesquisa se delineou quando percebemos uma grande dificuldade de encontrar uma maneira não intempestiva, não invasiva, mas flexível e adaptável, que permitisse um planejamento envolvente para professores e alunos.

Essa visão geral, isto é, a preocupação com a Educação Matemática possui uma extensão muito maior. Segundo Soares e Leo (2014), os estudos estatísticos sobre os dados da Olimpíadas Brasileiras de Matemática para as Escolas Públicas - OBMEP mostram que há uma forte evidência de que o bom desempenho em Matemática só se sustenta quando a escola apresenta uma trajetória de participação constante.

Esse resultado corrobora fatos conhecidos sobre jogos. Como uma competição de si contra si, os alunos se engajam tal como atletas que naturalmente buscam melhorar seu índice a cada etapa ou temporada. Há um fenômeno de apoio social aos vencedores olímpicos que contaminam outros jovens, contribuindo para a popularização da Matemática. Assim, é desejável que algumas características dos jogos possam se transferir para situações sérias, como a Educação. Esse assunto será abordado com mais detalhe na Seção 2.4, Gamification.

Novamente, recai-se no princípio de nosso problema de pesquisa: será possível implementar uma abordagem tão inovadora como gamification em sala, quando quisermos? Se um professor deseja implementar algo diferente em sua sala, temos uma iniciativa. Mas, se vários professores quiserem fazer o mesmo, teremos um problema grave. Pois, em geral, perde-se o controle dos métodos, da agenda dos professores, do cronograma de aulas e do próprio projeto pedagógico, o que impacta diretamente os discentes.

Assim, uma escola pública que resolva participar das Olimpíadas de Matemática se engaja em um investimento pedagógico, cujos resultados só aparecerão em geral a longo prazo; no entanto, sabe-se que seus resultados são animadores, pois há uma forte correlação entre o bom desempenho em Matemática e a participação nas Olimpíadas Brasileiras de Matemática para as Escolas Públicas - OBMEP.

Um empreendimento como esse exige mais interação entre professores de Matemática e um esforço conjunto de preparação de alunos. O caos no projeto pedagógico se torna mais evidente, por exemplo, com a falta ou a saída de um professor, que já conduzia

alguma ação.

O papel desse modelo seria o de dar um pano de fundo a todos, como em um sistema de processamento paralelo, onde todos agem ao mesmo tempo, mas em um ambiente de sintonia e de ações coordenadas. É sobre esse modelo que se desenvolverá qualquer tipo de planejamento que envolvam equipes e recursos, onde devemos colaborar e queremos colaboração.

Em suma, percebeu-se que seria desejável ter essa base sobre a qual se possa planejar e aproveitar as milhares de propostas constantes nas dissertações do PROFMAT. Baseando-se nisso, delineou-se como objetivo geral da dissertação:

A construção e a descrição de um modelo multirreferencial para operacionalizar métodos de ensino propostos, focando-se no acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, a fim de fixar ideias e de materializar soluções, alguns objetivos específicos ou requisitos importantes foram estratificados:

- Adequar-se ao uso como ferramenta complementar ou como modelo de projetos.
- Incentivar o engajamento e a integração entre os estudantes.
- Propiciar vivências.
- Permitir a avaliação individual ou grupal.
- Prover a adaptação aos modelos metodológicos propostos.
- Possuir relativa independência de tecnologias avançadas.
- Permitir modularização.

Esses objetivos específicos serão detalhados na Seção 3.1.

1.3 Metodologia empregada na dissertação

Na Seção 1.2, a argumentação se utilizou de uma aplicação simplificada e adaptada do método da análise do discurso do sujeito coletivo (Lefevre e Lefevre, 2006), que se baseia em uma busca léxico ortográfica em uma base de dados.

Para implementá-lo, construiu-se um banco de dados com os títulos de todas as dissertações da amostra pesquisada. Escolheram-se palavras-chaves caracterizadoras do tema Educação Matemática, que aparecessem no título de uma dissertação representativa (o sujeito coletivo). Levou-se em consideração que a base de dados somente possui dissertações correlacionadas à Matemática, bastando, portanto, segregá-las.

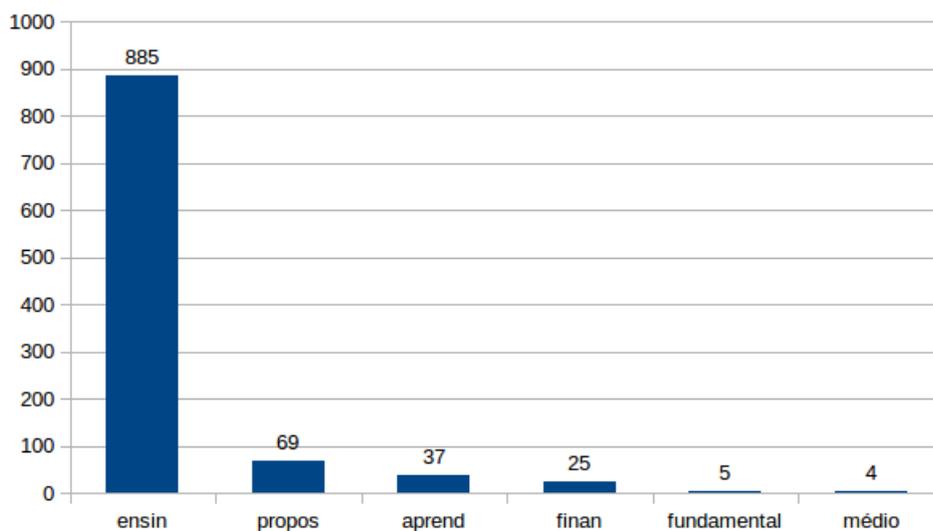


Figura 1.2: Radicais presentes em títulos relacionados à educação matemática.

A Figura 1.2 mostra números relacionados às dissertações que contem as palavras “ensino”, “proposta”, “aprendizagem”, “financeira”, “fundamental”, “médio”, através dos radicais “ensin”, “propos”, “aprend”, “finan”, “fundamental”, “medio”. Os números podem ainda serem mais expressivos, pois existem exceções que o método deixa de capturar. Por exemplo, o título “Equações e inequações trigonométricas: uma abordagem com o aplicativo de matemática dinâmica Geogebra” não se encontra contabilizado, mas apresenta forte aderência ao tema Educação Matemática.

O critério utilizado no levantamento sobre o tema Educação Matemática foi mais restritivo: conter o radical “ensin” no título. Mantivemos essa condição, pois uma inspeção aleatória no conteúdo de algumas dezenas dessas dissertações, mostrou que o texto de todas elas realmente condiziam com o tema Educação Matemática.

Sob uma visão mais geral, essa dissertação possui uma metodologia de natureza exploratória. Com efeito, objetiva-se visualizar um cenário mais claro, propício à construção de hipóteses (Gerhardt e Silveira, 2009), bem como viabiliza um estudo epistemológico do próprio modelo, que como tal se propõe ser um reflexo do processo de ensino-aprendizagem.

Quanto aos procedimentos de pesquisa, os refinamentos foram sendo agregados ao modelo “a posteriori”, isto é, foram aplicadas e analisadas as ações, de cujas reflexões resultaram aperfeiçoamentos. Assim sendo, este trabalho caracteriza procedimentos de natureza *ex post facto* (Fonseca, 2002).

Pela própria natureza do procedimento *ex post facto*, o modelo se aperfeiçoou por refinamentos sucessivos, agregando-se a ele os resultados de *insights* obtidos nos estudos de caso, alguns dos quais, os principais e mais recentes, são descritos no capítulo 4.

Ressalta-se que essa combinação dos métodos *ex post facto* com os estudos de caso se revelaram como um dos mais práticos para a abordagem aqui exposta, no sentido de que apresenta resultados mais efetivos.

1.4 Breve resumo dos capítulos seguintes

No Capítulo 2, apresentam-se Fundamentos teóricos que sobre multirreferencialidade, linguagem, modelagem e planejamento.

No Capítulo 3, descreve-se como se passou Das reflexões à prática. As ideias gerais e a construção do modelo propriamente dito, utilizando os conceitos precedentes, foram descritas nessa parte do trabalho.

No Capítulo 4, Implementação, experimentação e resultados, foca-se na Fase Inicial do modelo, em uma abordagem voltada para o lado prático, visando esclarecer como seria uma primeira experiência de uso do modelo. Alguns aspectos da rotina de um professor, bem como dos alunos, são exemplificados.

Para concluir, no Capítulo 5 se resumem as principais conclusões sobre os resultados, bem como se apontam futuros encaminhamentos.

Capítulo 2

Fundamentos teóricos

Nesse capítulo, inclui-se uma sucinta fundamentação teórica para o desenvolvimento do modelo descrito no Capítulo 3. Várias referências (daí o termo multirreferencial) foram utilizadas, dentre as quais, podem-se citar: os aspectos filosóficos que deram origem à multirreferencialidade, as teorias cognitivas da aprendizagem, as evidências neurocientíficas mais recentes e os estudos sobre gamificação, como elemento de engajamento.

Inicialmente, essa ideia de recorrer a várias referências para tratamento de um problema mais complexo remonta à década de 1960, quando um movimento epistemológico passou a questionar a pertinência do paradigma positivista da ciência. É esse o assunto pelo qual iniciaremos nossa abordagem teórica.

2.1 Multirreferencialidade

A filosofia de construção do modelo passa por uma visão multirreferencial. Com isso, está-se pressupondo explicitamente que a Educação Matemática é um fenômeno pertencente a um campo de natureza complexa. Tal pressuposto caracteriza o problema como pluralista, no que tange às áreas do conhecimento abrangidas; e, como um problema heterogêneo, no sentido de que sob ângulos diferentes poderá se mostrar aparentemente contraditório (Martins, 2004).

Do ponto de vista prático, esclarece-se que a multirreferencialidade é o instrumento filosófico que operacionaliza o pensamento complexo de Edgar Morin e outros. Implica, portanto, que um problema complexo deve ser abordado sob várias perspectivas do conhecimento. Mas, uma solução complexa não é a junção das soluções encontradas sob cada

uma dessas perspectivas, em vista da heterogeneidade do fenômeno. Assim, a integração das soluções é necessária a fim de evitar replicações recorrentes de novos problemas. A solução proposta nessa dissertação, como veremos no Capítulo 3, é o resultado de uma exploração em algumas áreas do conhecimento, tais como Psicologia Cognitiva e Neurociência Cognitiva e Administração.

Voltando à multirreferencialidade, esse pensamento teve suas origens ligadas às ideias decorrentes de uma reação ao posicionamento científico ortodoxo, cartesiano e positivista, cuja linha epistemológica falha na explicação de certos fenômenos. Como bem coloca uma anedota de Schwartz, 1992 (apud Martins, 2004), sobre a pesquisa das origens da vida:

Pusemo-nos a destrinchar o processo da vida com nossas tesouras de pesquisa. Fomos do organismo para o órgão, do órgão ao tecido, do tecido à célula, até chegarmos à molécula de DNA¹ em seu ambiente celular. Continuamos a picotar. Decompusemos o DNA. Decompusemos o ambiente. Com surpresa, descobrimos que a vida desapareceu. Para onde ela foi?

De fato, Schwartz, 1992 expõe habilmente onde a Ciência falha em seus métodos para explicar os chamados fenômenos complexos. Esclarece-se que as expressões relacionadas aos fenômenos complexos possuem diversas acepções na literatura científica: sistemas complexos adaptativos, comportamento emergente de muitos sistemas, complexidade de redes, complexidade da teoria do caos, complexidade do comportamento dos sistemas distanciados do equilíbrio termodinâmico, teoria da complexidade computacional.

Discorre-se, particularmente, sobre a corrente filosófica que trata da epistemologia da complexidade. Ao abordar as bases do pensamento complexo, o filósofo Edgar Morin, um de seus principais defensores, considera que a ciência teceu uma trama de princípios que produzem na Ciência uma “cegueira” que ele chama de paradigma da simplificação (Morin, 2003 apud Waquil, 2008). Dentre esses princípios, alguns que atendem aos propósitos de nossa linha de argumentação:

1. Princípio que reduz o conhecimento dos conjuntos (o todo) ao conhecimento das partes (elementares) constituintes.
2. Princípio de causalidade linear, superior e exterior aos objetos.

¹*Deoxyribonucleic Acid, do inglês, ácido desoxirribonucleico, moléculas que contém o código genético, responsável pela hereditariedade biológica.*

3. Princípio de isolamento/separação do objeto em relação ao seu ambiente.
4. Princípio de separação absoluta entre objeto e o sujeito que o percebe/concebe.
5. Princípio ergo: eliminação de toda a problemática do sujeito no conhecimento científico.

Esses princípios são como que as bases da crítica de Morin, 2003. De acordo com o seu pensamento complexo, o primeiro princípio é bem explorado pela anedota de Schwartz, 1992 que, em outras palavras, remete ao termo reducionismo. O segundo princípio impõe à inteligibilidade² de um sistema uma ordenação e uma hierarquização de causas e consequências, rejeitando o caos e a desordem, muito embora, o fenômeno complexo possua ambas as características. Por vezes, como mostra a anedota, perde-se o foco da questão principal e a resposta tende a ficar mais obscura.

Os três últimos princípios se referem ao trinômio ambiente, pesquisador e seu objeto de estudo. Por mais que se diga independente, a pesquisa pode não ter sido escolhida, mas induzida pela própria conjuntura em que se insere, tal como seu financiamento (isolamento/separação entre objeto e ambiente). Em alguns casos, a conexão entre o pesquisador e seu objeto de estudo pode influenciar uma pesquisa. Hamilton e sua esposa estavam andando sobre a ponte Broom (denominada Brougham, em 1843), quando teve a ideia genial sobre um produto de números pertencentes a um sistema numérico de quatro dimensões: os quatérnions. Mas, como construir a causalidade que levou à solução, refutando a casualidade inerente que lhe deu origem? (separação absoluta entre objeto de estudo e pesquisador). Como reproduzir tal resultado em outro tempo, lugar e pessoa? Por último, no que tange à educação como objeto de estudo, por exemplo, não é possível separar o sujeito (que também foi educado) de seu objeto de estudo (eliminação da problemática sobre o sujeito). Ademais, assim ensina Ardoino (apud Macedo, Barbosa e Borba, 2012):

O problema é que esses processos, esses fenômenos [complexos], esses fatos, assim identificados e reconstruídos [pela ciência positivista], não se encontram jamais em estado puro nos materiais oferecidos à pesquisa pelas práticas sociais. Eles interagem, uns com os outros, e se desenvolvem em função desse tecido de contatos e de relações.

²Isto é, o resultado de uma análise: a compreensão

Atendo-se ao tema educação, a epistemologia da complexidade levou a um assim chamado movimento de análise institucional, que eclodiu a partir dessa postura crítico epistemológica, na década de 1960, em relação à forma como as próprias instituições impactariam e seriam impactadas pela educação. Tal movimento foi influenciado pelas ideias de Morin e teve também na França, um de seus representantes, Jacques Ardoino, cujo pensamento multirreferencial se adere ao pensamento complexo (Fagundes e Burnham, 2001):

“Nas ciências do homem e da sociedade, os saberes não são constituídos apenas por conteúdos disciplinares, por estas áreas passam concomitantemente relações sociais, expressões estéticas, emocionais e afetivas, além do biológico, do econômico, que refletem as condições sócio-histórico-culturais dos indivíduos e grupos sociais. Nesse processo cruzam-se perspectivas simbólicas, culturais, éticas, políticas, pragmáticas, entre outras, que não estão sujeitas a fundamentos lógicos e metodológicos dos esquemas disciplinares. Essas perspectivas, na concepção de Ardoino, 1998, são diferentes referências, que não poderiam ser sintetizadas, sem graves riscos de mutilação da realidade, a partir apenas da abordagem disciplinar”.

Segundo Martins, 2004, a noção de multirreferencialidade está estreitamente ligada à noção de complexidade, em particular das práticas educativas, na medida em que estas se firmariam sobre novas perspectivas: a pluralidade e a heterogeneidade. Tais bases postulam que o saber não está sujeito à homogeneização nem à compartimentalização das disciplinas.

O mesmo autor (ibid.) também vislumbra que a Educação – processo em que se oferece “formação integral ao educando” – apesar de algumas novidades aqui e ali, na verdade, vem assegurando uma espécie de unidade, um padrão em todo lugar. Essa forma de abordagem traz em si o conceito de uma identidade, o que remete à mesmice e à submissão a um modelo que serve à manutenção do *status quo*.

No entanto, na abordagem multirreferencial, a Educação é entendida “como uma função global, que atravessa o conjunto dos campos das ciências do homem e da sociedade, interessando tanto ao psicólogo como ao psicólogo social, ao economista, ao sociólogo, ao filósofo ou ao historiador etc.” (Ardoino, 1995).

É preciso esclarecer de antemão que o conceito de multirreferencialidade está sendo

usado pelo pesquisador na construção do modelo. Não necessariamente se propõe que o professor, que usará os artefatos, deverá ter uma abordagem multirreferencial ou multi, inter ou transdisciplinar. Porém, é sempre desejável que essas abordagens ocorram, mas entende-se que as formações dos professores podem não contemplar o uso desses recursos; por isso, para aquele que utiliza o modelo, não há o pré-requisito de saber algo sobre a abordagem multirreferencial. Aliás, é esse um dos objetivos do trabalho: permitir a adaptação de todos a modelos de ensino mais avançados.

Duas outras reflexões podem ser feitas. A primeira diz respeito ao fato de que o modelo proposto é modular, o que por si só enseja uma compartimentalização, um fracionamento ou um particionamento. Sob um ponto de vista prático, a compreensão do ensino da Matemática como um fenômeno complexo resulta de sua abordagem a partir de várias perspectivas disciplinares, o que é diferente de fatiá-lo para compreender suas partes. Desse modo, o presente trabalho e seu problema de pesquisa, ao visualizá-lo sob várias perspectivas, toma a multirreferencialidade como um modo de instrumentalizar a abordagem do fenômeno complexo.

A segunda diz respeito ao fato de que, ao falar em processo, colocando-o sob controle, pode-se estar pensando na aprendizagem como o produto de uma linha de produção, quando na verdade se sabe que a aprendizagem não ocorre por uma linha. Por sua natureza complexa, a aprendizagem ocorre através do indivíduo, de seu meio, de seu tempo, de outros indivíduos e de todo o espectro de interação, mais ou menos profunda, entre todos esses elementos.

Destaca-se ainda que o conceito de multirreferencialidade foi amplamente utilizado em seu desenvolvimento, mas não há o pressuposto de sua utilização enquanto usuários do modelo multirreferencial aqui proposto. Esse aspecto será discutido no Capítulo 4.

2.2 Psicologia cognitiva

O texto a seguir é um resumo de algumas contribuições sobre as quais se embasam as ideias de utilização do modelo, abordados de forma mais detalhada no Capítulo 4, Implementação, experimentação e resultados. Embasou-se o presente conteúdo no texto de Anderson (2015), com alguns subsídios encontrados em Bock, Furtado e Teixeira (2001). Aqui ou ali, nos casos em que tenha sido necessário, outras fontes vieram ao encontro

de novos esclarecimentos. Essa teoria se justifica no presente trabalho, pois é uma das ciências que embasam as atuais concepções sobre a linguagem, meio pelo qual se transmite o conhecimento humano.

Na Seção 2.3 a seguir, resumem-se comentários sobre o processamento linguístico do cérebro, buscando-se corroborar a necessidade de conhecer o processamento da linguagem como meio de transmissão do conhecimento. A conexão do sistema límbico com áreas do córtex tornam o processamento neuronal mais susceptível a emoções e impressões de toda natureza. Exemplificaremos e verificaremos a importância dessas evidências sobre a linguagem, em particular na Seção 3.2, Reflexões empíricas: da prática docente ao modelo, e Subseção 3.3.3, Artefatos abstratos, quando as respectivas situações e posturas serão abordadas.

Após esse encaminhamento geral para as próximas seções, convém definir que a palavra cognição tem seu radical “cogn-” derivado do latim *cognoscere*, que se refere ao ato de ter ou obter conhecimento e informação. O cognitivismo é uma das correntes teóricas predominantes e seu principal objeto de estudo são os processos internos de compreensão, transformação, armazenamento e utilização das informações.

Esse campo de estudo possui inúmeros desdobramentos. Em razão disso, através de um mapa sinóptico, pode-se visualizar na Figura 2.2 que as teorias cognitivistas estão representadas na porção mais à direita do mapa, onde se vê associados ao termo Psicologia, os nomes de Vygotsky, Bruner, Ausubel e Piaget. A cada nome, corresponde um breve comentário a respeito do trabalho desses pesquisadores.

Segundo Anderson, 2015, a corrente de pensamento cognitivista ganhou força entre as décadas de 1950 e 1970 e, na assim chamada revolução cognitivista, acabou derrubando a corrente comportamentalista (behaviorista). Tais mudanças tiveram causas devidas a três fatores principais:

- as pesquisas sobre o desempenho humano;
- a abordagem do processamento da informação das Ciências da Computação (inteligência artificial); e,
- a Linguística, de Noam Chomsky, que desnudou uma nova e complexa estrutura da linguagem.

O primeiro fator, referente ao desempenho humano, foi foco de uma intensa pesquisa,

impulsionada pela Segunda Guerra Mundial. Os países beligerantes estavam apenas interessados em treinar soldados, minimizando o tempo de aprendizado para usarem sofisticados armamentos. Queriam também que aprendessem a lidar com a falta de atenção, como consequência do estresse em campos de batalha.

Apesar do mau uso da ciência, os problemas enfrentados culminariam, por exemplo, no trabalho de Donald Broadbent³, cuja pesquisa acerca da teoria da informação exerceu enorme influência sobre o conceito que havia sobre o desempenho humano. A equipe de Broadbent estudava a teoria da informação – um meio abstrato de analisar o processamento da informação – em relação à percepção e à atenção, mas logo suas análises abrangeram toda a psicologia cognitiva.

O segundo fator, sobre as pesquisas das Ciências da Computação, sobretudo aquelas relacionadas à Inteligência Artificial (IA), deram um enorme impulso indireto à psicologia cognitiva. Observando-se o comportamento supostamente inteligente de uma máquina, selou-se as últimas inibições que havia sobre o ato de analisar a própria inteligência humana.

O terceiro fator se deve às contribuições da linguística de Noam Chomsky. Particularmente, com a crítica em “*A Review of B. F. Skinner’s Verbal Behavior*”, o trabalho de Chomsky influenciou uma retomada à teoria cognitiva, ao demonstrar que a linguagem não poderia ser explicada como um processo de estímulo e resposta, conforme apregoava a corrente comportamentalista ou behaviorista (que tinha em Skinner, um de seus maiores defensores). Apenas para citar algumas das discrepâncias apontadas na crítica, no behaviorismo, o comportamento verbal era definido como um “comportamento reforçado através da mediação de outras pessoas”, o que para Chomsky conduziria a situações contraditórias. Ao se falar em comportamento, situações como uma criança escovando os dentes ou um boxeador recuando do adversário teriam pouco do comportamento verbal, embora houvesse mediação (os pais e o adversário). Outra situação, segundo Chomsky, seria se, “enquanto eu atravessasse a rua, alguém gritasse ‘Cuidado com o carro!’ e eu pulasse para fora do caminho. Dificilmente se poderia propor que meu salto (a mediação, a resposta reforçada segundo Skinner) fosse precisamente condicionado (isto é, eu treinei esse salto) de maneira a reforçar o comportamento de quem me alertou”.

A seguir, são apontados alguns marcos anteriores ou próximos à história descrita

³Psicólogo britânico, 1926 – 1993, da *Applied Psychology Research Unit*, Universidade de Cambridge.

acima, para fins de sucintamente resumi-la:

- Em 1879, Wilhelm Wundt introduz o método da observação introspectiva, na Alemanha, que consistia de observadores altamente treinados para relatar o conteúdo de suas próprias consciências sob condições cuidadosamente controladas.
- Em 1890, William James publica seus *Princípios de Psicologia*, nos EUA, defendendo o pragmatismo como um meio termo entre o racionalismo e o empirismo, na medida em que postulava que as teorias científicas e filosóficas deveriam ser julgadas pelos seus resultados ou fins. Influenciou a corrente funcionalista da Psicologia, que defendia a compreensão dos fenômenos cerebrais conforme as funções que desempenhavam.
- Em 1920, John Watson e outros behavioristas reagem à corrente introspectiva, voltada para operações mentais internas, defendendo que a psicologia deveria estar inteiramente voltada para o comportamento externo e não para análise do funcionamento subjacente do cérebro.
- Em 1966, Saul Sternberg publica o artigo que deu origem ao paradigma que leva seu nome. Nele, estabelece o princípio de que o processamento de uma entidade abstrata chamada informação ocorreria através de um conjunto de etapas sucessivas.
- Em 1967, Ulric Neisser publica *Cognitive Psychology*, livro que consistia em seis capítulos dedicados a percepção e atenção e quatro, à linguagem, memória e pensamento.
- Em 1970, surge o jornal *Cognitive Psychology* que contribuiu para consolidar e definir o novo campo. Também nesse ano, as Ciências Cognitivas emergem como uma nova área que tenta integrar as pesquisas nas áreas da Psicologia, Filosofia, Linguística, Neurociências e Inteligência Artificial.
- Em 1976, surge o jornal *Cognitive Science*, principal publicação da Sociedade de Ciências Cognitivas.

As subseções seguintes discorrem brevemente sobre as principais contribuições de pensadores como Piaget, e Vygotsky, na perspectiva de Bock, Furtado e Teixeira, 2001 e de Gagné.

2.2.1 A contribuição de Jean Piaget

Conforme a abordagem de Bock, Furtado e Teixeira, 2001, um importante nome da corrente chamada construtivista é o suíço Jean Piaget (1896 – 1980). Um dos aspectos centrais dessa corrente é a de que a percepção, a compreensão e o comportamento diante do mundo, possuem formas inerentes e características de cada faixa etária, não sendo delimitadas rigidamente pela idade, mas pelas quais todos passamos. O início e o término de cada uma delas dependeria de condicionantes biológicas, sociais e educacionais a que o indivíduo estivesse submetido.

As produções científicas de Piaget foram extensas, de 1918 a 1980 colaborou intensivamente sobre uma teoria que tem em seu nome um dos fortes pilares: o construtivismo. No desenvolvimento de sua teoria, Piaget utilizou o modelo biológico. O ser humano seria guiado pela busca do equilíbrio entre suas necessidades biológicas fundamentais e as restrições impostas pelo meio. Em sua busca, o ser precisa se adaptar, ou seja, selecionar (organizar) quais estruturas são mais eficientes para atender suas necessidades.

Conceitualmente, adaptação é um mecanismo interno que envolve indissociavelmente a assimilação (que permite transformar significados em elementos da estrutura cognitiva) e a acomodação (que promove o ajuste interno do indivíduo aos novos elementos).

Tem-se a observar que o construtivismo estará presente nas autoavaliações, que permitem uma visão mais clara da adaptação que o indivíduo deve promover a si mesmo. Note que o modelo contém inerentemente uma medida que torna o indivíduo uma parte ativa do aprendizado. Os artefatos de autoavaliação serão construídos no Capítulo 3 e utilizados em exemplos no Capítulo 4, mais evidente e especificamente, nas Seções 4.3 e 4.2.

2.2.2 A contribuição de Vygotsky

Seguindo a abordagem de *ibid.*, Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934), na década de 1920 e início dos anos 1930, desenvolveu uma teoria crítica, que marcou o surgimento da Psicologia Sócio-histórica. Foi uma reação às correntes que defendiam algum tipo de predeterminismo, isto é, que a cognição e o intelecto estivessem exclusivamente ligados a algo relacionado à maturação biológica, como as ideias de Piaget.

Vygotsky também se dedicou particularmente às questões escolares e aos problemas de aprendizagem. Para ele, a aprendizagem ocorreria também pelas relações entre as

peessoas. Vygotsky defende que a aprendizagem é um processo que, além da maturação biológica, inclui o contato com a cultura e as relações sociais, nas quais surge a figura do “outro” como elo fundamental, pois orientará o processo de apropriação cultural.

Uma importante contribuição diz respeito à chamada zona de desenvolvimento proximal, dentro da qual devem ocorrer as interações sociais. A zona proximal é uma hipotética distância entre o que o indivíduo já sabe (conhecimento real) e o que ele tem potencial para aprender (conhecimento potencial). A aprendizagem decorreria de um contínuo ciclo de domínio do conhecimento potencial, que se tornaria real, que criaria novas zonas proximais e assim por diante.

Para Vygotsky, como o desenvolvimento se dá com forte influência da interação social, a escola, portanto, seria o meio social onde se espera acelerar esse desenvolvimento, através de relações que mediarão o processo de aprendizagem.

Nesse ponto, tem-se a observar que uma das áreas do modelo contempla interações, como será visto na Seção 3.3. Essa estrutura permite uma abordagem mais social do aprendizado. Sua separação como área específica se dá também pelo fato de que algumas evidências da Neurociência Cognitiva parecem apontar para o fato de que fatores externos (possivelmente, as interações sociais) possam ter grande influência na aquisição da linguagem. Seguindo tais evidências, explora-se o fato de que tais evidências possam se estender também aos circuitos neuronais responsáveis pelo processamento de outras linguagens.

2.2.3 A contribuição de Robert Mills Gagné

Robert Mills Gagné (1916-2002), psicólogo neobehaviorista norte-americano, acreditava que a aprendizagem estava relacionada a mudanças permanentes e decorrentes de um processo interno (Alves, 2015).

Ao contrário de Skinner, Gagné enfatizou os processos internos, particularmente, os relacionados à aprendizagem, discutindo um modelo relacionado à “teoria do processamento da informação”, o que o coloca também no campo cognitivista. Para ele:

A aprendizagem é uma mudança de estado interior que se manifesta por meio da mudança de comportamento e na persistência dessa mudança. Um observador externo pode reconhecer que houve aprendizagem quando observa

Tabela 2.1: Eventos de aprendizagem de Robert M. Gagné

Fase	Tipo de aprendizagem	Descrição
1. Motivação	Sinais	O aprendiz aprende a dar uma resposta geral e difusa a um sinal. Neste tipo de aprendizagem o estímulo condicionado deve preceder o incondicionado, num intervalo de tempo bastante curto.
2. Apreensão	Estímulo resposta	O indivíduo aprende uma resposta precisa a um estímulo discriminado, ou seja, uma conexão, segundo Thorndike, ou uma operação discriminada, segundo Skinner.
3. Aquisição	Cadeias	Consiste na aquisição de duas ou mais conexões estímulo resposta, e pode começar tanto pelo fim da cadeia (pelo último elo) como pelo início (pelo primeiro elo da cadeia). As condições para este tipo de aprendizagem foram descritas principalmente por Skinner.
4. Retenção	Associações verbais	Semelhante ao tipo 3, é uma aprendizagem de cadeias verbais.
5. Rememoração	Discriminações múltiplas	O aprendiz necessita dar respostas diferenciadas a diferentes estímulos, estabelecendo um determinado número de cadeias que demonstrem a falta de semelhança entre várias coisas.
6. Generalização	Conceitos	O indivíduo reage a pessoas ou fatos como um todo e adquire a capacidade de dar respostas iguais a um grupo de estímulos, os quais podem diferir na sua forma física.
7. Desempenho	Princípios	Trata-se princípio como uma cadeia de dois ou mais conceitos e suas relações.
8. Retroalimentação	Resolução de problemas	São operações mentais mais complexas, em que o indivíduo adquire uma capacidade ou conhecimento.

Fonte: Adaptado de Teoria da Aprendizagem e aplicação ao projeto instrucional: Gagné – UFRGS

a ocorrência de uma mudança comportamental e também a permanência desta mudança.

Segundo Gagné, os eventos de aprendizagem poderiam ser internos (os que ocorrem no sistema nervoso central do indivíduo) e os externos (aqueles relacionados à estimulação proveniente do meio).

Os atos de aprendizagem seriam precedidos por eventos de aprendizagem. Dessa forma, Gagné defende que as habilidades intelectuais são na verdade combinações de outras mais simples, resultantes da aprendizagem. Os eventos se dão por oito fases hierarquizadas, cujo nome identifica o processo interno: motivação, apreensão, aquisição, retenção, rememoração, generalização, desempenho e retroalimentação. A Tabela 2.1 resume essas

definições.

Por fim, na medida em que estabelece uma hierarquia, observar-se-á que a teoria de Gagné tem uma estreita similaridade com a de Alexander Luria, neuropsicólogo russo, cujo trabalho será conhecido na próxima seção.

O método de Gagné é utilizado como uma primeira experiência ao utilizar o modelo, em função de sua sinergia com a abordagem processual para o ensino-aprendizagem. Gagné teve o grande mérito de estabelecer fases sem com isso atrelar as avaliações às habilidades e às competências, permitindo acompanhar o processo de ensino-aprendizagem. A implementação do método de Gagné será mostrada na Seção 4.2.

2.3 Neurociência cognitiva

A Neurociência é uma área de estudo resultante da união da Biologia Molecular, da Neurofisiologia, da Anatomia, da Biologia do Desenvolvimento e da Biologia Celular com o estudo da cognição, da emoção e do comportamento em animais e seres humanos. Trata-se de uma nova ciência que tem como objetivo a compreensão da percepção, das ações, do pensamento, do aprendizado e da memória, através do fluxo de sinais elétricos através dos circuitos neuronais (Kandel et al., 2014).

Nesse texto, a proposta é mostrar que o desenvolvimento fisiológico do sistema nervoso central segue uma linha que favorece alguns aspectos, como a linguagem, dos quais se deve tirar proveito. O texto segue a linha exposta por *ibid.*, embora outras bibliografias sejam citadas. Assim, a presente seção busca ambientar o leitor em alguns aspectos que se considerou relevantes.

Em vários momentos, percebe-se que a Neurociência vem corroborando muitos resultados já conhecidos pelas correntes de pensamento que seguem Jean Piaget (1896-1980) e Lev Vygotsky (1896- 1934), para citar alguns. No entanto, de forma mais abrangente, a Neurociência Cognitiva tem como objeto de estudo estabelecer como os processos cognitivos superiores acontecem no cérebro Anderson, 2015. Com as sofisticadas tecnologias atuais, esses resultados são demonstrados a níveis moleculares, nas sinapses dos neurônios e, surpreendentemente, até mesmo em cérebros vivos de seres humanos, através de imagens por ressonância magnética funcional (do inglês, *functional Magnetic Resonance Imaging - fMRI*).

Pode-se dizer que essa evolução tem em Hipócrates (cerca de 460 - 370 a.C.) um dos pioneiros no que se refere ao atual pensamento neurocientífico. Assombrosamente, na coletânea *Corpus Hippocraticum*, cujos escritos se atribuem a ele, quase três milênios atrás, declarava-se (Finger, 2001):

“Deveria ser sabido que a fonte do nosso prazer, alegria, riso e diversão, assim como nosso pesar, dor, ansiedade e lágrimas, é nenhum outro que não o cérebro. É especificamente o órgão que nos habilita a pensar, ver e ouvir, a distinguir o feio do belo, o mau do bom, o prazer do desprazer. É o cérebro também a sede da loucura e do delírio, dos medos e sustos que nos tomam, muitas vezes à noite, mas às vezes também de dia; é onde jaz a causa da insônia e do sonambulismo, dos pensamentos que não ocorrerão, deveres esquecidos e excentricidades”.

Apesar da atualidade com que se pode tomar os escritos de Hipócrates, somente a partir do século XIX, obteve-se algumas evidências neurobiológicas importantes a respeito do órgão que ocupa a caixa craniana – o encéfalo. O italiano Camillo Golgi desenvolveu um método para corar neurônios com sais de prata, que foi utilizado pelo espanhol Santiago Ramón y Cajal para descrevê-los como as unidades básicas do sistema nervoso - definição esta que se chamou doutrina neuronal.

Em 1950, através da microscopia eletrônica, a prova cabal de que a doutrina neuronal era correta veio com o trabalho de Sanford Palay, que confirmou que os axônios possuíam nas extremidades estruturas hoje conhecidas como sinapses. No final do século XIX, descobriu-se que os fármacos administrados não atuavam dentro dos neurônios, mas em suas membranas celulares, mediados por receptores individuais. Essa descoberta levou à posterior confirmação de que os neurônios se comunicavam entre si através de processos bioquímicos.

Desde o século XVIII, fazia-se pesquisa sobre o comportamento humano. Por volta de 1800, Franz Joseph Gall proporia estudos que se tornaria a base da Frenologia, estudo que buscava associar a personalidade ao formato de crânios. Essa visão gerou intensa reação, pois para setores religiosos da sociedade atributos da alma estariam sendo reduzidos a aspectos biológicos.

Na década de 1820, Pierre Flourens testou a hipótese de Gall, através da destruição sistemática de encéfalos animais. Observou que as regiões e o formato dos crânios não

são responsáveis por comportamentos específicos, culminando com isso na formulação da chamada visão holística do encéfalo, isto é, se houvesse uma lesão em qualquer parte dos hemisférios, então deveria haver consequências para todas as funções.

A visão holística de Flourens era socialmente mais reconfortante, menos materialista, no sentido de rejeitar a noção de que a alma estaria reduzida a um órgão (pois, desse modo, não existiria alma, na verdade). Além disso, a possibilidade de que o encéfalo de qualquer um poderia ser melhorado era inaceitável para a nobreza aristocrática e os religiosos da Europa.

A doutrina holística teria sua derrocada pouco tempo depois. Paul Broca, médico francês, em 1861, foi o primeiro a estabelecer uma relação entre uma lesão cerebral e sintomas. Ele associou um tipo de afasia (perda da capacidade de associar sons e símbolos ao seus significados) à lesão da região posterior do lobo frontal esquerdo (hoje, área de Broca). Karl Wernicke, psiquiatra alemão, em 1873, mostrou que nem todos os sintomas de afasia poderiam ser associados a essa região, descobrindo outro tipo de afasia, associando-o ao encontro entre os lobos temporal, parietal e occipital.

Por outro lado, em 1896, William Pringle Morgan, médico irlandês, publicou pela primeira vez um artigo sobre o que se conhece hoje por dislexia, o distúrbio de um jovem que tinha habilidades cognitivas para ler, mas que não conseguia. Trata-se de uma condição congênita não resultante de uma lesão. Na sequência, Sydnei Stephenson, médico inglês, em 1907, estudou uma família em que a dislexia se manifestava em quatro pessoas de três gerações diferentes, agregando o tema hereditariedade ao assunto.

O oftalmologista escocês, James Hinshelwood, que estudava processamento visual, em 1917, após avaliar um paciente normal, com dificuldade em leitura e escrita, descobriu que de fato a dislexia estava mais associada a um defeito congênito no cérebro (as áreas de Broca-Wernicke).

Em 1962, o psicólogo e educador inglês, Samuel Kirk utiliza a expressão “problemas de aprendizagem” para se referir ao atraso ou transtorno no desenvolvimento da fala, linguagem, leitura, escrita ou habilidades matemáticas resultantes de disfunções cerebrais ou emocionais (Rosselli, Matute e Ardilla, 2010).

Como se pode ver as primeiras grandes evidências neurobiológicas decorreram de estudos relacionados à linguagem. Além disso, a abordagem localizacionista prevaleceu sobre a visão holística do encéfalo. Apesar de haver alguns centros de processamento, diversas

funções cognitivas ativam várias regiões encefálicas, em um arranjo muito mais complexo do que se imaginava. Na sequência, busca-se esclarecimentos sobre a aprendizagem em nível neuronal.

2.3.1 Evidências sobre como o cérebro processa a linguagem

As pesquisas mostram que os processos relacionados às funções corticais superiores são difíceis de serem descritos, desmembrados em componentes elementares e medidos objetivamente. Para analisar o aprendizado, por exemplo, é preciso determinar como essa função é representada em nível neuronal – o que normalmente é um enorme desafio investigativo.

Restringindo-se ao aspecto da aprendizagem – e, mais ainda, abordando-se apenas a linguagem – algumas noções do funcionamento do córtex foram elucidadas por Broca e Wernicke. Em Kandel et al., 2014, encontra-se a descrição de uma pesquisa posterior que deu origem a um elucidativo entendimento sobre o instinto e o aprendizado das linguagens, que sucintamente se descreve nas linhas a seguir.

As evidências mostradas a seguir, embasam em nível neuronal o fato de que a linguagem é o meio pelo qual se transmite o conhecimento humano. Além disso, convém saber que as emoções também cumprem um papel essencial no sistema límbico, no que tange à memória. Sendo assim, utilizar-se-á desses fatos nas Seções 3.3.1 e 3.3.3 ao construir o modelo.

A capacidade única de se comunicar por uma complexa linguagem já havia sido objeto de estudo de pensadores como Burrhus Frederic Skinner (1904-1990), que considerava o processo de aquisição da linguagem por mecanismos de reforço. Assim, a criança aprende uma língua da mesma forma que um rato aprende a apertar uma alavanca⁴.

Charles Robert Darwin (1809-1882) sugeriu que a aquisição da língua fosse um instinto tão inato quanto a adoção da postura ereta por bebês. De fato, as crianças aprendem a gramática de sua língua nativa simplesmente ouvindo seus pais. Resgatando essa abordagem, em 1960, o linguista Noam Chomsky propôs que a linguagem seria uma característica inata; desse modo, a partir de uma amostra limitada de sentenças, seriam capazes de reproduzir uma linguagem completa e coerente.

⁴Trata-se de uma alusão ao conhecido experimento em que, através de um estímulo (fome), o rato verifica que ao apertar uma alavanca recebe comida (reforço)

Com base nessa conjectura, Chomsky ⁵ analisou a estrutura de sentenças em várias línguas naturais (as que são faladas por seres humanos) e percebeu a existência de estruturas em comum, que denominou *gramática universal*. Sua existência, argumentou Chomsky, implicaria em uma estrutura encefálica, que teria evoluído para mediar essa gramática universal.

Sabe-se hoje que as abordagens comportamentalistas (Skinner) e inatista (Chomsky) não ocorrem de forma pura. Na verdade, o que o cérebro infantil possui de inato é uma grande capacidade de análise, capaz de reconhecer detalhes sofisticados da linguagem. À medida que vai desenvolvendo a percepção desses padrões, o cérebro gradualmente passa por alterações literalmente estruturais. No adulto, não há alterações apreciáveis nos circuitos neuronais, o que leva à suposição de que as alterações ocorrem no nível das sinapses (Anderson, 2015).

Em 1988, usando tomografia por emissão de pósitrons (do inglês, *Positron Emission Tomography – PET*), Michael Posner, Marcus Raichle e seus colegas fizeram uma interessante descoberta: a produção e compreensão da linguagem são processadas por mais de uma via.

Acreditava-se que as palavras, tanto escritas quanto faladas, eram transformadas nas representações correspondentes, que eram então levadas até a área da linguagem, onde então se associavam ao significado (abordagem esta conhecida como modelo de Wernicke-Gerschwind).

No entanto, Posner e seus colegas verificaram que várias áreas do córtex são ativadas com atividades relativamente simples e relacionadas a um aspecto da linguagem (olhando, ouvindo, falando e pensando em palavras). Tal fato demonstrou que o processamento da informação requer muitas áreas de pré-processamento especializado, que se intercomunicam formando uma rede neural responsável pelas funções superiores.

Um experimento recente mostra que gesto e fala são processados pelas mesmas áreas de Broca e Wernicke (imagem superior direita da Figura 2.2), o que sugere não se tratarem apenas de centros de processamento da fala e da escrita. De uma forma bem mais abrangente, os estudos sugerem que essas áreas parecem ser centros que processam símbolos (o que interessa para o aprendizado da Matemática), sejam eles palavras, gestos, imagens, sons ou objetos (Xu et al., 2009).

⁵Os trabalhos de Chomsky na área de linguagens formais são tão importantes que tomam parte basilar na teoria de compiladores, uma área da Computação moderna.

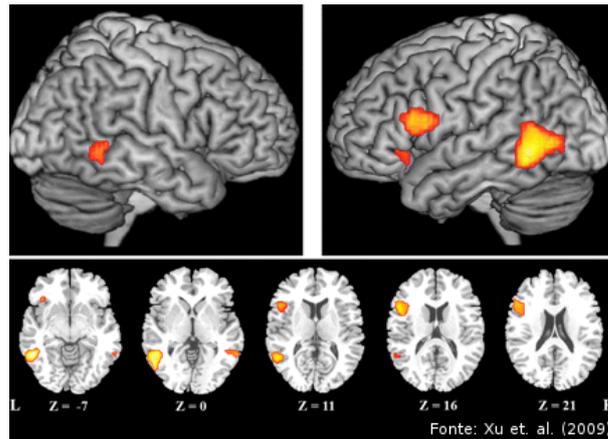


Figura 2.2: Áreas de Broca e de Wernicke, obtidas por f-MRI. A imagem da direita destaca as áreas ativadas ao reconhecer o gesto de levar o indicador aos lábios - “Silêncio!”

Um outro estudo recente, sobre a assimetria anatômico funcional⁶ (O’Muirheartaigh et al., 2013), aponta que a explosão na aquisição da linguagem, que tipicamente ocorre em crianças de dois a quatro anos, não tem a ver com a assimetria de mielina (desenvolvimento de mielina⁷ de forma divergente no cérebro). Como a região de Broca-Wernicke se encontra no hemisfério esquerdo, seria esperado que a mielinização ocorresse de uma forma mais acentuada nessa área, entre dois e quatro anos.

Ocorre que a taxa de mielinização continua a mesma, quase constante no mesmo período. Apesar da assimetria de algumas áreas específicas terem uma correlação significativa com a aquisição de linguagem, em geral, a assimetria tipicamente proporciona uma correlação fraca nesse período crítico para a aquisição da linguagem. Por outro lado, como aponta um dos pesquisadores, “se a anatomia cerebral da criança não pode predizer [a aquisição de] suas habilidades de linguagem, isso sugere que o ambiente deve ser mais influenciador”. Na prática, é outra evidência de que as alterações estruturais, se ocorrem, fazem-no em nível sináptico.

Outro estudo, sobre a memorização, realizada por Sharot et al. (2007), mostra que, em estado de excitação, a amígdala libera hormônios que influenciam processos críticos no hipocampo para a retenção de memórias de longo prazo.

Experimentos como os de Sharot et al. (2007), de Xu et al. (2009), de O’Muirheartaigh et al. (2013), mostram fortes evidências de que o cérebro humano aprende de uma forma

⁶A assimetria anatômico funcional se refere às diferenças morfofisiológicas que ocorrem com o cérebro durante o desenvolvimento.

⁷Mielina é um composto de natureza lipídica que envolve as fibras nervosas e ajuda os sinais elétricos se propagarem pelo cérebro.

dinâmica, envolvendo várias áreas do córtex e, também, de uma forma social, como propunha Vygotsky (Seção 2.2).

Como o leitor deve ter notado, os resultados das pesquisas neurocientíficas trazem evidências muito fortes e concretas, que elencamos a seguir:

- Se o ambiente é elemento altamente influenciador no processo de aprendizagem de uma linguagem, a convivência com adultos especializados no ensino daquela linguagem é primordial (o que reforça a necessidade do contato com um professor de matemática).
- Uma segunda linguagem (em particular, um idioma) será processada por vias e regiões diferentes daquela em que é feita para a linguagem natural materna.
- A base da transmissão do conhecimento humano é a linguagem. Embora o argumento inatista não se valide no nível neurobiológico, as teorias atuais corroboram que o aprendizado de uma segunda linguagem utilizará as estruturas criadas por uma primeira linguagem aprendida.

A Matemática é uma segunda linguagem, simbólica, artificialmente criada e em constante desenvolvimento. As evidências apresentadas mostram que a linguagem simbólica e o pensamento matemático devem ser abordados utilizando a linguagem natural como via de transmissão do conhecimento. Exemplos sobre tal argumento serão vistos na Seção 3.2. A ligação com o fator emocional que foram mencionados acima serão exemplificados com os artefatos abstratos, sugeridos na Seção 3.3.3.

2.4 Gamification

Como se pode deduzir, *gamification* tem a ver com o estudo dos jogos. Uma tradução literal mais próxima seria “joguificar”, mas o termo que vem se tornando mais frequente é “gamificação”. O fato é que, enquanto um consenso sobre a tradução vai tomando forma, após alguma pesquisa, torna-se confuso qual a aceção utilizar. Percebe-se diversas nuances que estão sob as mesmas designações - jogos (*games*) ou teoria de jogos (*game theory*) ou gamificação (*gamification*).

Especificamente, esse trabalho trata do uso das características dos jogos em situações que não são tipicamente um jogo. Essa é a premissa do que se chama gamificação, termo

que doravante usaremos. Assim, não se deve confundir gamificação com o desenvolvimento de jogos em si.

Cabe lembrar que um dos motivos que originaram esse novo campo de estudo – multidisciplinar, diga-se de passagem – foi entender e reproduzir os aspectos que tornam os jogos tão engajadores. Podem os jogos se tornarem tão atraentes que alguns comportamentos descambam para o vício, com manifestações de uma condição típica de dependência. Por outro lado, os jogos podem levar o indivíduo a sobrepujar suas próprias limitações, como incontestavelmente ocorrem com os atletas dos Jogos Paraolímpicos.

Questões que se levantam de imediato são: o que exatamente faz com que as pessoas se engajem tanto no mundo dos jogos? Seria possível reproduzir intencionalmente esse engajamento? E, nesse caso, seria possível fazer com que as pessoas se engajem produtivamente em outras áreas? São dessas questões que emergiu esse campo de pesquisa na área de educação. No entanto, pesquisar a expressão “jogos” ou “teoria jogos” pode se tornar cansativo. Levantaram-se as seguintes acepções relacionadas à expressão, pelo que se faz necessária a desambiguação, como se sugere a seguir.

Em Matemática, a Teoria de Jogos foi criada para se modelar fenômenos que podem ser observados quando dois ou mais agentes de decisão interagem entre si. No entanto, essa teoria já apresenta uma subdivisão (Sartini et al., 2004): a Teoria Econômica dos Jogos, que busca estabelecer métodos para se maximizar o ganho; e, a Teoria Combinatória dos Jogos, que estuda aspectos combinatórios dos jogos, como o número de jogadas até a vitória de um jogador.

Em Biologia e Ciências Sociais Aplicadas, como Administração e Economia, a Teoria dos Jogos propicia uma compreensão mais profunda quando elementos decisores interagem (Osborne, 2003). Um grande expoente dessa teoria é o matemático norte-americano John Forbes Nash Jr, famoso tanto pela laureada teoria sobre jogos não-cooperativos, que ganhou o Prêmio Nobel de Economia, quanto por ser o protagonista do romance biográfico de Sylvia Nasar (Uma mente brilhante, 1998). Uma excelente abordagem sobre essa vertente pode ser encontrada em Schouery et al. (2015).

Nas Ciências da Computação, a expressão Teoria dos Jogos remete a algoritmos e modelos computacionais que pertencem a diversas subáreas: tais como inteligência artificial, modelagem 3D, aprendizagem computacional, teoria de grafos, algoritmos, *design patterns*, dentre outros.

Em Pedagogia e Psicologia, a Teoria dos Jogos, ou simplesmente Jogos, correspondem a atividades que promovem interações entre os participantes e, com isso, permitem o aprendizado, a vivência ou meramente uma prática lúdica.

Os jogos em geral possuem uma característica extremamente persuasiva: é um excelente engajador. Basta um olhar sobre as estatísticas. Segundo uma pesquisa do grupo NPD (2015)⁸ os games (jogos de entretenimento) estavam entre as atividades principais de adolescentes, jovens e adultos brasileiros. Cerca de 82% da população, nas faixas etárias entre 13 e 59 anos, joga algum tipo de game em alguma plataforma (PCs, consoles, dispositivos portáteis).

Em razão desse engajamento, dentre outros motivos, há atualmente um grande interesse em adaptar características de jogos para alguns propósitos, sejam eles educacionais ou empresariais. A chamada “gamificação” ou *gamification* aplica várias características dos jogos a situações que não são ou não foram formuladas para serem jogos. Nesse texto, voltando-se a frisar, o foco está ligado à gamificação.

Há inúmeras pesquisas que apontam que os jogos podem ser um componente integrador muito interessante para a realidade das salas de aula brasileiras, que são bastante heterogêneas, se consideradas sob os aspectos cognitivo e social. No Google Scholar ou Google Acadêmico, encontram-se 67 registros para “gamificacao” e nada menos que 25.200 registros para “gamification”. Mas, buscando-se a expressão “utilizacao jogos educacao matematica”, encontram-se 21.000 registros. Desses números e da observação de alguns registros do buscador, verifica-se que as pesquisas brasileiras parecem misturar os temas Tecnologia da Informação, o uso dos jogos na educação em geral e o processo de gamificação que citamos.

Com relação à gamificação propriamente dita, há etapas para se criar uma estratégia educacional gamificada. Pode-se resumi-la de acordo com a Tabela 2.2, mostrada ao final desta seção (Alves, Silva Minho e Diniz, 2014). Uma referência concreta dessa construção está no conhecido site Khan Academy, de Salman Khan, que é mostrada na Figura 2.3.

Como se observa, a interface não é um jogo. Trata-se de uma plataforma gamificada. Como em jogos, existem elementos (indicados na figura) atraentes para o público jovem e adolescente. Tais elementos são característicos de jogos e, em conjunto, proporcionam uma experiência, um momento de vivência interativa com uma plataforma que lhe sugere

⁸Trata-se de uma empresa norte-americana de pesquisa e análise de dados, similar ao Ibope, Datafolha e outras no Brasil.

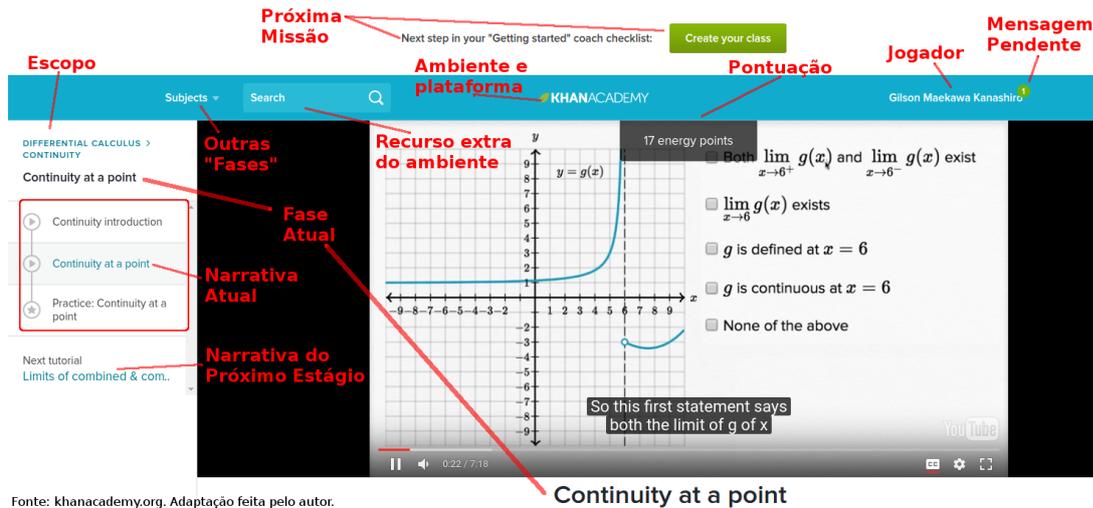


Figura 2.3: Exemplo de gamificação: elementos de jogos presentes na interface educacional Khan Academy.

tomadas de decisão.

Essas decisões criam uma ilusão de liberdade, em que o usuário escolhe o seu destino em um mundo paralelo. E, em cada destino, há um desafio a superar. A cada cena em que essas escolhas se repetem, onde houver um desafio superado, cria-se a ilusão de uma realização, de uma vitória. É o sentimento da missão cumprida, da glória de mais uma etapa vencida. São tais sentimentos que tornam a experiência mais imersiva.

Nesse ínterim, há que se fazer uma grande ponderação. Apesar de uma tecnologia como essa promover uma imersão de tal magnitude, ela exigiria recursos que, em geral, não estão disponíveis nas escolas brasileiras, tais como programadores, “instructional designers”, desenvolvedores de jogos e de interfaces, apresentadores e, por fim, os consultores especialistas, que escrevem o conteúdo. Em vista disso, para atender o objetivo específico de independência de tecnologia (pág. 20), faremos uma abordagem pelo método de ROPES (Seção 3.3.2).

Tabela 2.2: Etapas para gamificação de estratégias educacionais

Etapa	Ação	Orientação metodológica
01	Experimente games	É fundamental interagir com todo tipo de jogo para vivenciar a lógica dos games e compreender as diferentes mecânicas.
02	Público alvo	Analise as características do seu público, sua faixa etária, seus hábitos e rotina.
03	Escopo	Defina as áreas do conhecimento e o tema, as competências desenvolvidas, os conteúdos associados, as atitudes e comportamentos potencializados.
04	Problema e contexto	Quais problemas do cotidiano podem ser explorados e como os problemas se relacionam com os conteúdos estudados.
05	Missão e objetivo	Defina qual é a missão no game. Ela é clara, alcançável e mensurável? Verifique se a missão está aderente às competências e ao tema.
06	Narrativa do jogo	Qual história se quer contar? A narrativa adere ao tema e ao contexto? A metáfora faz sentido para os jogadores/objetivos? Desperta interesse e curiosidade? A estética reforça e consolida a história?
07	Ambiente e plataforma	O jogador participa em casa, sala de aula, ambiente digital ou ambos? Qual será a interface principal do jogador?
08	Tarefas e a mecânica	Qual é a duração de interação média e a frequência? As mecânicas e as tarefas potencializam as competências focadas? Aderem à narrativa? Há regras para as tarefas?
09	Pontuação	A pontuação está equilibrada, justa e diversificada? Quais as recompensas e como será feito o ranking (local, periodicidade de exposição)?
10	Recursos	A agenda da estratégia está detalhada? Quais os recursos de cada dia? A pontuação será automática ou será preciso analisar as tarefas?
11	Revisão	A missão é compatível, alinhada à narrativa? A narrativa engaja e adere às tarefas? Tarefas são diversificadas, exequíveis e possuem regras claras? O sistema de pontuação está bem estruturado e as recompensas são motivadoras e compatíveis? Os recursos estão assegurados? A agenda é adequada ao público?

Capítulo 3

Das reflexões à prática: o desenvolvimento do modelo

Organizou-se o presente capítulo da seguinte forma: primeiramente, apresentam-se algumas reflexões teóricas e práticas nas duas primeiras seções, cientes de que, sozinho, o Capítulo 2 não contribui para o entendimento da integração que resultou no modelo multirreferencial. Essas reflexões se referem a assuntos que ficariam desconexos em outra disposição, se considerada a linha argumentativa do texto. Na terceira seção, que possui a maior parte do conteúdo, passa-se à construção do modelo propriamente dito.

3.1 Reflexões teóricas

Nessa seção, alocou-se alguns assuntos para melhor compreensão do que vem a seguir. Assim, serão abordados: o que se entende por modelo multirreferencial, o que se entende por métodos, como se vê o papel do professor e como se detalham os objetivos específicos.

Começa-se pelo conceito de modelo. Segundo Japiassu e Marcondes, 1989 (apud Gouveia Jr, 1999), modelo é uma palavra que deriva do latim *modulus*, diminutivo de *modus*, ou seja, medida. Nesse texto, como se deduz de suas origens, a palavra modelo expressa uma medida de um todo, deixando transparecer, portanto, a necessidade de capturar uma medida que bem caracterize o fenômeno. Mas, como bem observa (ibid.), uma característica importante do modelo é exatamente a possibilidade de criação de outros como ele.

Para os autores acima citados, os modelos teóricos “são construções hipotéticas, teo-

rizadas, modos de explicação que servem para a análise ou esclarecimento de uma realidade concreta”. No caso particular, a vivência concreta é a realidade chamada processo de ensino-aprendizagem. Assume-se que, embora haja uma estrutura de ensino física e estática, o processo, por se constituir de uma dinâmica, pode se desenvolver de maneiras aleatoriamente diferentes.

A necessidade de um modelo decorre do fato de que algum tipo de *feedback* é preciso dar ao que a Administração chama de *stakeholders*, isto é, as pessoas que se envolvem com o processo por algum tipo de interesse, sejam eles alunos, professores, pais, gestores educacionais ou os donos da escola.

Obviamente, há que se tomar um cuidado com o tecnicismo inerente ao modelo e com a ideia de controle do processo de ensino-aprendizagem, pois seu uso inadequado são objeto da crítica de alguns pesquisadores, como se vê em D’Ambrosio, 2012 e em Luckesi, 2014 (apud Bonatto e Góes, 2016). Para Luckesi (apud Libâneo, 1994):

”a avaliação é uma aprendizagem qualitativa sobre dados relevantes do processo de ensino e aprendizagem que auxilia o professor a tomar decisões sobre o seu trabalho”.

Defende-se, portanto, a postura de que os conceitos de controle, de quantificação, de atribuição de valores são mais adequados aos processos. Às pessoas, por princípio, o processo de ensino-aprendizagem deveria direcionar esforços a uma constante busca de ajudar o próximo a aprender. Retornaremos a esse tópico na Seção 3.2.

Com relação aos métodos de ensino, “são as ações do professor pelas quais se organizam as atividades de ensino e dos alunos para atingir objetivos do trabalho docente em relação a um conteúdo específico” (ibid.). Deve-se atentar para alguns condicionantes implícitos na definição:

- Quanto maior a experiência, mais proficiente é o professor, na medida em que vislumbra com mais clareza como os objetivos curriculares serão atingidos.
- Atingir objetivos definidos implica um plano que considere o uso de recursos materiais, a limitação de tempo e alocação de professores.
- O método deposita no professor a responsabilidade executiva dos planos pedagógicos.

Como parte da sistematização do processo, há diversos métodos de ensino disponíveis e aplicados pelos docentes. Bem nessa linha, o modelo proposto se interpõe entre o processo e o método. Foi construído para propiciar o acompanhamento do processo de ensino aprendizagem, bem como para propiciar um autodesenvolvimento.

Outro aspecto que merece comentário específico é sobre o papel do professor. Embora também se incentive um autodirecionamento (identificação das próprias necessidades e alcançar objetivos de aprendizagem) e uma autorregulação (controlar o próprio desenvolvimento educacional), está fora de cogitação retirar o professor integralmente de cena.

O motivo é o impositivo da linguagem como base da transmissão de conhecimento (Seção 2.2), na qual se vê uma miríade de interações imprevisíveis entre aquele que aprende e o que ensina, mediadas por trocas de mensagens específicas, em um vai vem muito particular de um caso para outro (vide comentário sobre Dalai Lama, Seção 3.3.4.2, página 78). Trata-se do processo dialógico, que os mais avançados programas de inteligência artificial ainda não podem simular integralmente¹.

Essa necessidade de manter uma via de comunicação entre o professor e o aluno é a própria expressão do fato de que a linguagem é o meio de transmissão de conhecimento. Daí a ênfase dada ao estudo do desenvolvimento da linguagem sob o enfoque neurocognitivo. Ao explorar essa condição, convém observar que o modelo se torna, sobretudo, um canal de comunicação adequado. Logo, o modelo é apenas um “condutor”, ou seja, se o que conduz não tem qualidade, então sua condução terá sido inútil.

Nesse contexto, o professor por sua vez ocupa papel central, pois à medida que evolui no uso do modelo, elaborará artefatos, podendo ser direcionados a outros profissionais, voltados ao planejamento ou ao desenvolvimento de atividades educacionais. Além disso, o professor tem o papel fundamental de promover a evolução e a sustentabilidade do modelo, aperfeiçoando-o e diversificando seu ecossistema.

Como mencionados na Seção 1.2, os objetivos específicos serão detalhados:

- Adequar-se ao uso como ferramenta complementar ou como modelo de projetos. Trata-se do uso do modelo como ferramenta complementar, o que implica em atividades esporádicas de introdução ou de experimentação com duração limitada. Já o uso como modelo de projetos, requer uma duração maior, como o de um semestre letivo.

¹Caso o leitor se interesse, o famoso teste de Turing para inteligências artificiais (IA) averigua uma única habilidade: ludibriar o interlocutor, convencendo-o de que está falando com um ser humano.

- Incentivar o engajamento e a integração entre os estudantes. Busca-se incentivar o engajamento e a integração entre os estudantes, pois é imperioso reagir ao contexto sociocultural em que a Matemática se encontra (D'Ambrosio, 2012).
- Propiciar vivências. Em razão do item anterior e também pelo fato de incentivar a retenção, o modelo deve permitir o uso de experiências ou vivências, caso o professor assim planejar.
- Permitir a avaliação individual ou grupal. Na questão das avaliações, é importante principalmente que o aluno tenha a percepção de suas dificuldades e de como deve agir para superá-las. A essa percepção que se chama autoavaliação. De forma análoga, como grupo, os alunos devem ser capazes de determinarem seus papéis individuais e de desenvolverem pequenos planos individuais que contribuam para objetivos grupais.
- Prover a adaptação aos modelos metodológicos propostos. Uma das propostas desse modelo é a de que o próprio professor trilhe seu caminho, envolvendo-se à medida que suas condições de trabalho o permitirem. Pensado dessa maneira, o modelo traz como uma de suas contribuições o fato de que inclui o professor e as dificuldades inerentes ao seu cotidiano profissional.
- Possuir relativa independência de tecnologias avançadas. Obviamente, qualquer projeto estaria fadado ao insucesso, se sua implementação dependesse do investimento em altas tecnologias, como o uso de *tablets* ou de programas, ambos muito caros. O entrave, diga-se de passagem, não é apenas financeiro, pois no processo licitatório (juridicamente falho) de muitos órgãos educacionais da rede pública, é quase impossível garantir a padronização de *hardware* e *software*, o que automaticamente leva a um problema de manutenção quase insolúvel. Por isso, o modelo não pode depender exclusivamente de altas tecnologias, uma vez que deve contemplar as comunidades carentes ou isoladas.
- Permitir modularização. Através dela, pensa-se em dar a devida flexibilidade ao modelo. A ideia é que sucessivos refinamentos, agregando novos módulos e abandonando os obsoletos, promovam as devidas atualizações. Uma outra finalidade atende a modularização: pode-se trabalhar de forma coordenada como equipe, já

que, tendo em mente o modelo, todos sabem qual seu papel individual dentro do panorama geral.

3.2 Reflexões empíricas: da prática docente ao modelo

Buscando-se algumas situações de atuação em sala, com relação à efetividade para se fazer entendido, ou seja, na efetividade da linguagem. Escolheu-se comentar alguns aspectos os mais comuns possíveis, como utilizar uma postura geral, fazer uso da linguagem natural e promover aulas com objetivos simples e claros.

Em relação à postura do professor em sala, em geral, ele deve ajudar a aprender. É possível pensar que, enquanto ex-alunos, há sempre a noção intuitiva de uma forma de ensinar: a que deu certo consigo mesmo. Insinua-se que a preocupação exagerada com o método de ensino artificializa a atuação do professor, principalmente no início da carreira, prejudicando sua didática e dificultando a empatia. Assim, ao invés de buscar métodos mirabolantes de conduzir uma aula, aconselha-se apenas ajudas as pessoas a aprender.

Com relação à linguagem, como se mencionou nas Seções 2.2 e 2.3, a linguagem simbólica da Matemática terá de passar pelos circuitos neurais que processam a linguagem natural, motivo pelo qual se dará através de um discurso o mais coloquial possível. Vejamos alguns exemplos.

Por que preciso de frações? Explicá-las é, antes e em suma, dizer que não se trata de números separados por barrinhas. “Pense alto”: qual a diferença entre 0,5 e $\frac{1}{2}$? Seria mais fácil representar as duas coisas de uma única maneira, mas por que existem duas? Sempre será possível representar números com vírgula (sim, prefira esse termo a números racionais e irracionais)? Que tal representar $\frac{1}{3}$ do outro jeito (números com vírgula)?

E que tal fazer o inverso? Represente $\frac{2}{5}$, $\frac{2}{3}$ e depois tente com os números $\sqrt{2}$ e π ; por que se representam irracionais assim e não por frações? Logo vão descobrir: – Ops! É preciso uma notação diferente! Obviamente, é uma abordagem com a qual se deve tomar cuidado para não se tornar pueril, mas colocada em um tom enigmático, será suficiente para criar um vínculo emocional, que favorece a retenção.

Outro exemplo, referindo-se ainda à questão da linguagem. De uma forma bastante lúdica (isto é, brincando) há algum tempo venho mostrando à minha filha como fazer

continhas com as mãos (Figura 3.1)².



Fonte: Arquivos pessoais do autor.

Figura 3.1: A vantagem lúdica: usando traços, bolinhas e mãozinhas com seis dedinhos!

Mas, ao invés de mostrar figuras aleatórias para contar, fiz a correspondência biunívoca que caracteriza uma contagem usando os dedinhos. Para ensinar o uso das mãos (a nova ferramenta), elaborei apenas contas que coubessem em uma das mãos, como em $2 + 3$. Assim, respondendo ao comando simbólico, ela contava dois dedos dela e depois mais três dedos da minha mão. Algum tempo depois, passei a desenhar as mãos, contornando sua mão com um lápis (o que já é um bom exercício de psicomotricidade).

Dessa forma, a mesma conta era feita juntando-se dois dedinhos com mais três dedinhos de cada desenho. Dedos pintados eram os dedos que seriam contados. Aos poucos, a tática da pintura se mostrou desnecessária, pois os dedos que deveriam ser contados passaram a ficar mentalizados.

A surpresa veio com a proficiência no uso da nova ferramenta. Como se diz, o papel aceita tudo e, de fato, usando isso a favor, quando comecei a propor contas que não cabiam mais, as mãos passaram a ter anatomicamente vários dedinhos a mais. A Figura 3.1 oferece uma visão mais clara do fato de que a compreensão dá a capacidade de extrapolar uma abstração.

Nessa ocasião, uma última observação diz respeito ao conhecido comportamento primário de imitar os pais: pelo fato de que ela vê seu pai fazendo “contas” (na verdade, demonstrações matemáticas), ela deduziu acidentalmente que faço “contas” mentalmente. Curiosa, perguntou se não uso dedos, já que não movo nenhum dedo para escrever o que ela entende como resultados. Então, por imitação, observei uma tendência espontânea de

²Nesse ponto, é preciso fazer um comentário. Eu já sabia que a escola estava trabalhando desenhos de objetos agrupados, como cinco bonecas (quantidades numéricas), cuja quantidade por sua vez seria associada a algarismos arábicos, como o algarismo “5” (área de Broca). Mediante vivências e brincadeiras, tais algarismos então passam a adquirir um significado (área de Wernicke) para a criança.

imitar a atitude de fazer contas “de cabeça”. Porém, há que se cuidar, pois, como visto na teoria do processamento da informação (paradigma de Sternberg, Seção 2.2), isso obriga processar mais informação, sujeitando o indivíduo a erros e frustrações.

Com relação a promover aulas com objetivos simples e claros, talvez um meio de resumir o conceito seja fazer aquela pergunta que nossos pais, com certeza, fizeram: “o que aprendeu na escola hoje?” Se essa pergunta fosse repetida uma semana após uma aula de matemática, é quase uma certeza que uns e outros sequer se lembrarão do tema.

Para mostrar que, mesmo com objetivos simples e claros, pode-se ficar em xeque, exemplificando, considere a imagem abaixo. Trata-se de um dos conhecidos *memes*³ que se popularizaram em várias redes sociais entre os anos 2015 ou 2016.



Figura 3.2: Confusão na rede neural.

A Figura 3.2 propõe um exercício com cores: basicamente, para analisá-la, utilize as áreas fusiforme e lingual do seu córtex cerebral (próximas ao lobo occipital, responsável pela identificação das cores), mas bloqueie a área de Wernicke (responsável pelo reconhecimento simbólico e semântico das palavras). Combinando essa atuação, emita uma vocalização em resposta, usando a área de Broca (no lobo temporal, responsável pela motricidade da fala). Simples e claro, não?

Muitos *nerds*⁴ vão achar graça pelo fato de que, além da confusão, esse meme nos obriga a usar um circuito neural de uma forma inusitada. Desse modo, é muito provável que qualquer pessoa sinta o incômodo e a confusão de utilizar áreas do córtex da forma solicitada. Trata-se de uma habilidade cognitiva ou operação de pensamento, como visto no Capítulo 2. Uma vez mais, o desempenho piorará na medida em que houver menos tempo para resposta, conforme a teoria do processamento da informação (paradigma de

³Neologismo da língua inglesa. Mídias (fotos e vídeos, principalmente) de alta popularidade, que exploram situações curiosas, engraçadas ou ridículas. Em português, rima com “lemes” e, em inglês, com “teams”

⁴Outro neologismo inglês normalmente associado aos mais bem dotados intelectualmente ou, como tem sido cada vez mais comum, aos que aderem profundamente à cultura da informação.

Sternberg, Seção 2.2).

Para ser mais explícito, independentemente dos objetivos, as aulas de Matemática contêm frequentemente assuntos que forcem os alunos a trabalharem circuitos neurais que lhes são inusitados. Surpreendentemente, tal fato é do conhecimento de muitos professores antes mesmo de entrar em sala.

É imprescindível que o professor se atente para tais fatos, exercitando nos alunos o reconhecimento do novo padrão e o uso desse circuito neural. Quanto mais ele for utilizado, mais o indivíduo se torna proficiente. A questão é, então, identificar individualmente (e esse papel é do aluno) onde se encontra a deficiência e qual é a natureza dela. Nesse ínterim, é que cabe uma conversa com o professor, já que seu papel é o de ajudar a aprender.

Por fim, como exemplo do ensino superior, que aborda tanto o uso de linguagem natural quanto o de estabelecer objetivos simples e claros: em Cálculo, nas semanas iniciais, um tema sensível é abordado: a definição de função contínua (Figura 3.3).

Esse tema é considerado “difícil” pelos alunos devido ao nível de abstração, pois se aborda o conceito de estar na vizinhança e, implícito nesses conceitos, como expressar a medida dessa vizinhança, pois há o intuito posterior, também implícito, de queremos tornar essa vizinhança tão pequena quanto se desejar.

Essa definição é construída a partir dos conceitos de intervalos, de modo que a definição é dada com base em uma notação que mostra claramente o poder de compactação da linguagem simbólica. Porém, essa vantagem é quase uma catástrofe para fins de assimilação do conhecimento.

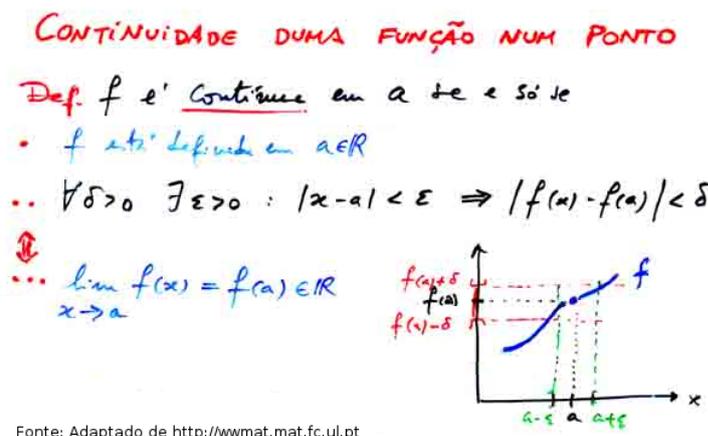


Figura 3.3: Não perca tempo: anotar no caderno a mesma coisa que está no livro, esclarece?

Na Figura 3.3, observa-se uma anotação. Esses signos e o esboço do gráfico contêm significados, que estão associados e serão assimilados da forma que estão pelo córtex. O reconhecimento desses mesmos signos em outra ordem ou disposição, virá em uma outra fase. Por isso, não é de surpreender que a maioria dos alunos parecem demonstrar uma grande dependência das anotações que o professor faz no quadro: não houve ainda a atribuição de significado.

Assim, ocorre que, ao fazer diferente do livro, está-se exigindo mais algumas habilidades cognitivas do aluno, relacionadas a um reconhecimento de padrões de abstração. Além disso, como uma aula expositiva é normalmente uma palestra, exige-se outra habilidade: a memória daquilo que foi proferido, pois o aluno se perde ao exercer as habilidades escrever e resumir, dinamicamente, enquanto ouve a palestra do professor. Assim, ao se abster de anotar esclarecimentos, resta a memória.

Em termos neurocognitivos, as habilidades necessárias deveriam ser priorizadas, evitando-se a dispersão através do uso de outras habilidades. A construção deveria começar da ideia intuitiva (ou seja, de uma linguagem natural), para mostrar a transposição para uma linguagem simbólica. Novamente, “pensando alto”:

- Pegamos um ponto qualquer no eixo X , onde a função f é definida, por exemplo, o ponto “a”, então, como está definida, temos $f(a)$.
- Se pegarmos outro ponto, digamos x , na vizinhança de “a”, e fizermos ele se aproximar de “a”, sempre vai existir um $f(x)$ que se aproxima de $f(a)$.

De modo que a ideia é construir paulatinamente a definição contida em:

$$\forall \delta > 0, \exists \epsilon > 0 : |x - a| < \epsilon \implies |f(x) - f(a)| < \delta$$

Então, convém continuar “pensando alto”, fazendo-se transposições didáticas, mas repasse fazendo seus alunos escreverem o que deve ficar entendido. Depois, continuando a “pensar alto”:

- Já que essa definição é intuitiva, seria bom dar mais precisão a essa definição, principalmente quando se diz na vizinhança de “a”.
- Como é que eu expressaria uma vizinhança em torno de “a”? Poderia ser um

intervalo que contem “a”? Do tipo “a” menos um valor até “a” mais o mesmo valor? [Deixe os alunos escreverem isso]

- Como é que eu expresso isso em linguagem simbólica? Poderia ser assim: $(a - \epsilon, a + \epsilon)$?
- Poxa vida, mas não é assim que está na definição, como é que pode? Será que ele (o autor do livro) está utilizando uma outra forma de dizer a mesma coisa, como no caso das frações? [É o que muitos não entendem na linguagem matemática. A notação não é essa, porque não é o mais conveniente para o caso, exatamente como o caso das frações. A simbologia existe para ser mais expressiva. E no caso em pauta, só ficará mais claro quando colocar o “x” na definição. Veja:]
- Sim, ele usou outra notação. Já reparou que não tem “x” na definição dessa vizinhança? Como colocar “x” no meio desse intervalo? [Provoque para que cheguem a $a - \epsilon < x < a + \epsilon$].
- Ok, mas ainda não ficou igual ao da definição... Dá prá fazer algo com isso que obtivemos prá ficar com “a” no meio também? [Novamente, provoque para obter $-\epsilon < x - a < \epsilon$].
- Não tá igual ainda. Que fazemos? [Novamente, provoque para que usem a notação modular e obter $|x - a| < \epsilon$].
- Finalmente, pode-se concluir dizendo que essa notação modular está dizendo que a distância de x pode ficar tão pequena quanto se queira, ou seja, a notação nos habilita a dizer “vizinhança de x ” de uma maneira formal.

Mostre que, nos gráficos (como o da Figura 3.3), pode não ser colocado x ou $f(x)$, explicitamente. Faça os alunos “puxarem setas” a partir dos gráficos, indicando as observações acima. Faça-os raciocinarem (usarem suas redes neurais) de modo semelhante para construir a vizinhança de $f(a)$, pois desse modo estarão usando o mesmo circuito neural.

Mostrando um outro exemplo, dessa vez, demonstrando para a função constante, os alunos devem observar que precisam se acostumar com a nova visão e que seus circuitos neurais precisam de mais treino. Além disso, há outro problema: fazer esse conteúdo

passar para a memória de longo prazo. Então, algo ou alguém deverá provocar a utilização do sistema de memória para rever o que deve ser lembrado:

Toda vez que se ler:

$$\forall \delta > 0, \exists \epsilon > 0 : |x - a| < \epsilon \implies |f(x) - f(a)| < \delta$$

Deve-se traduzir essa simbologia para algo como:

Se a distância de x até a for menor que um valor ϵ , então a distância de $f(x)$ até $f(a)$ deverá ser menor que algum valor δ .

Que, por sua vez, deve ser coloquialmente entendido como:

No eixo dos X, se pegarmos um ponto x , perto de “a”, e o fizermos correr para “a”, no eixo dos Y, sempre vai existir um $f(x)$ que também corre para $f(a)$. Se isso ocorre, então a função é contínua.

Aliás, essa descrição extremamente informal (até ofensiva para os mais ortodoxos) seria mais convenientemente representada por gráficos e uma narrativa em áudio, porque é assim que um aluno explicaria para outro (linguagem natural).

Desejou-se mostrar que as linguagens são base para a aquisição de conhecimento, sobretudo, na Matemática. Seria desejável que houvesse um meio de transposição didática, usando a linguagem de forma mais coerente com a Neurociência Cognitiva.

Como tal ferramenta não existe em nível acessível à maioria, pensou-se que o modelo deveria integrar métodos que fossem uma espécie de ponte entre a linguagem simbólica da Matemática e a linguagem natural – aquela para a qual o cérebro foi sendo moldado desde a infância.

O modelo deveria permitir a implementação de métodos que facilitassem a mediação necessária para o enfoque do entendimento, da compreensão, para então objetivar a proficiência na linguagem matemática. Felizmente, tais métodos são propostos por pelo menos 180 dissertações do PROFMAT (conforme Seção 1.2).

3.3 Um modelo para o processo de ensino-aprendizagem

Essa seção tem como objetivo descrever um modelo multirreferencial do processo de ensino-aprendizagem e mostrar como operacionalizá-lo.

Para um propósito geral, pode-se dizer que o processo de ensino-aprendizagem possui os seguintes componentes: o aluno, o professor, problema da aprendizagem (qual necessidade satisfaz), o objetivo de aprendizagem (para que aprender), o conteúdo (o que aprender), os métodos (como ensinar/aprender), os recursos (com o que aprender). Esses elementos estarão distribuídos nas áreas, que serão discutidas logo adiante.

A ausência de um modelo de processos focado na operacionalização de métodos motivou a ideia da proposta. Várias são as justificativas de se desejar um modelo, além das que mencionou na Seção 1.2. Ele deve permitir, por exemplo, controlar o andamento do processo de ensino-aprendizagem, planejar de forma mais detalhada ou estruturar planos de ensino mais consistentes. Uma das características de um tal modelo é permitir construir sistematicamente estruturas e dinâmicas, que representam sob um certo ponto de vista o próprio processo.

Desse modo, o modelo concebido se divide em três grandes áreas (Figura 3.4): as áreas de interação, de projetos e de ensino-aprendizagem.

- **Áreas de interação** – sua finalidade é viabilizar canais de interatividade entre pessoas, grupos e os próprios meios, incluindo-se nessa área meios e mensagens virtuais ou não, tais como os aplicativos de redes sociais. Para o aluno, são seus colegas, a dinâmica de interação e os meios de comunicação (como Skype, Whatsapp, Facebook); para o professor, podem ser seus colegas com interesses afins, as comunidades científicas da qual participa, bem como os canais oficiais pelos quais se tramitam as publicações científicas.
- **Área de projetos** – seu propósito é o desenvolvimento de ações, métodos, projetos que possuem metas, recursos e prazos, envolvendo atividades de concepção, planejamento e execução. Para o aluno, pode ser um trabalho da disciplina. Para o professor podem ser: (a) artefatos e módulos novos para o modelo, sejam elas procedurais (como as dinâmicas de grupo) ou computacionais (como jogos e atividades *online*); (b) novos projetos científicos que fazem uso do modelo.
- **Área de ensino-aprendizagem** – Estrutura na qual se envolvem recursos concretos (como uma sala de informática) ou virtuais (como as plataformas de ensino à distância). Para o professor, são os métodos, as estratégias ou técnicas de ensino e os conteúdos comumente contidos no processo de ensino-aprendizagem, tais como:

resolução de problemas, sala de aula invertida, estudos de caso, pintura de figuras, jogos, debates, fóruns, seminários, estudo dirigido e palestras, dentre outros. Para o aluno, é tudo que está previsto no plano de ensino e no currículo.

Convém observar que as áreas são utilizadas de acordo com as atividades propostas pelos artefatos, mas não se trata de ordens como “vá para tal lugar e faça isso ou aquilo”



Figura 3.4: Modelo multirreferencial, suas três áreas e fases.

Estabelecido o modelo, o próximo passo é um modo de operacionalizá-lo, beneficiando-se de tecnologias que existam ou que venham surgindo. Nota-se que o modelo possui uma concepção modular, na medida em que é possível aperfeiçoar cada parte separada e continuamente, o que traduz a modularização (objetivo 1.2, da página 20).

Os módulos são conjuntos de artefatos, que, por sua vez, contem recursos voltados para o ensino-aprendizagem em algum espaço educativo, como uma sala de aula. Porém, é preciso um cuidado (planejando-se): ao integrar módulos, deve-se pensar em todas as áreas, nas fases e, principalmente, no controle de processos.

Artefato é tudo que se utiliza para ajudar o aluno a entender conceitos, revolver problemas, expor ou propor novas ideias. Por isso mesmo, a construção dos artefatos dependerá do seu propósito. Além disso, embora este trabalho focalize o aspecto da linguagem, o modelo pode conter outros direcionamentos, como memória ou planejamento curricular.

Uma das finalidades dos artefatos é materializar os conhecidos métodos, técnicas ou estratégias de ensino em sala de aula, os quais são comuns ao cotidiano de todo professor: jogos, debates, fóruns, dinâmicas, exposições orais, discussões, seminários dos alunos, PBL (*Problem Based Learning*), FC (*Flipped Classrooms*), etc. Cabe ao professor se manter naqueles em que possui mais desenvoltura, para gradualmente incursionar por novos métodos.

Como se vê na Figura 3.4, as áreas possuem interseções, que promovem a hibridização das atividades propostas nos artefatos. A título de exemplo, tipicamente os artefatos (para os alunos) podem propor atividades correspondentes às áreas de: aprendizagem somente, como um exercício dado em sala; aprendizagem e de interação, como em trabalhos que serão apresentados em seminários; e, aprendizagem, interação e projetos, como uma feira de ciências ou uma competição de robôs.

Além disso, a existência de cronogramas e o grau de proficiência no uso do modelo exigem a definição de fases da seguinte forma:

Fase de início – cuja característica primordial é fornecer uma forma de transpor de um modelo de aulas expositivas (que domina a maioria das salas de aula) para um modelo que siga outros métodos, mais contemporâneos. Para o aluno, trata-se da fase em que se busca fazer mais e assistir menos. Para o professor, trata-se de reusar o que já tem para reciclar seu material de aula. Nessa fase, por exemplo, os artefatos não devem se afastar da realidade das aulas expositivas a fim de não prejudicar o processo de ensino-aprendizagem; dessa forma, diminui-se a necessidade de treinamento para o uso do modelo, aumentando sua adaptabilidade (objetivo 1.2, página 20).

Fase de transição – é aquela em que o principal aspecto será superar algumas bar-

reiras de ordem prática, como o planejamento, a organização do conteúdo conforme uma metodologia escolhida e a coordenação das ações de vários professores. Para o aluno, é o exercício de uma postura mais crítica, desenvolvendo seus próprios objetivos. Para o professor, é um momento de experimentação de vários métodos e ferramentas. Nessa fase, a ideia é utilizar artefatos direcionados a objetivos bem definidos, como os que aparecem em planos de ensino. Espera-se vencer o chamado custo de adaptação, que normalmente se fará sentir, para dar ênfase no trabalho em equipe.

Fase de proficiência – aquela em que o usuário se mostra proficiente no uso do modelo. Para o aluno, é refinar a autoavaliação, com o propósito de superar barreiras pessoais. Para o professor, é a fase em que busca aperfeiçoamentos, bem como desenvolve seus próprios métodos ou contribui com a sua equipe. Observa-se que a preocupação migra do usuário para o modelo, do indivíduo para a equipe, seja criando ou agregando novos artefatos e métodos, seja desenvolvendo novos módulos.

Reforça-se que deve existir uma razoabilidade entre o processo de implantação de qualquer coisa e o tempo disponível para tanto. Por isso, as fases materializam o objetivo 1.2 (página 20), sobre adaptação ao modelo, onerando a um custo mínimo a agenda de professores e outros funcionários.

As fases não se justificam apenas para fatiar o tempo. Como se sabe, atuando-se em sala, é perceptível que há estratégias de ensino mais difíceis do que outras. De fato, existe um nível de complexidade associando as estratégias de ensino e algumas habilidades cognitivas por elas mobilizadas (Santos e Meira, 2010).

Anastasiou e Alves (2003) aborda vinte estratégias de ensino: aula expositiva dialogada, estudo de texto, painel, seminário, simpósio, estudo de caso, portfólio, tempestade cerebral, mapa conceitual, estudo dirigido, lista de discussão por meios informatizados, solução de problemas, Phillips 66, grupo de verbalização e de observação, dramatização, júri simulado, oficina, fórum, estudo do meio e ensino com pesquisa.

Segundo a autora, existem algumas habilidades cognitivas (operações de pensamento) predominantes nessas estratégias de ensino (Raths et al. (1977) apud Anastasiou e Alves (2003)): comparação, resumo, observação, classificação, interpretação, crítica, busca de suposições, imaginação, obtenção e organização de dados, hipóteses, aplicação de fatos e princípios a novas situações, decisão e planejamento de projetos e pesquisas.

Para exemplificar a dificuldade e a necessidade de fases, citemos um exemplo de Anas-

tasiou e Alves (2003). Na aula expositiva dialogada, o professor expõe o conteúdo e os alunos participam perguntando, fazendo comentários ou discutindo entre si. Nessa atividade, predominam habilidades cognitivas como obtenção e organização de dados, interpretação, crítica, decisão, comparação e resumo. Já na estratégia de ensino com pesquisa, predominam as habilidades: observação, classificação, interpretação, crítica, resumo, análise, hipóteses, busca de suposições, decisão, comparação, imaginação, planejamento, obtenção e organização de dados, aplicação de fatos e princípios a novas situações.

Observa-se, assim, que é preciso um olhar cuidadoso para as habilidades cognitivas exigidas em uma estratégia de ensino. Elas são referência para elaboração de quaisquer atividades relacionadas com os artefatos (Seções 3.3.2 e 3.3.3). Eis porque se trata de um contrassenso sem igual ignorar a escolha das estratégias de ensino e as habilidades que mobilizam.

Dessa maneira, as fases são uma base orientativa para o professor, que decide qual estratégia de ensino será aplicada em sua sala. Como explicitado, é preciso que o docente tenha consciência das próprias habilidades enquanto mediador atuante. Na dúvida, é recomendável se aprofundar em uma determinada estratégia⁵. No entanto, é preciso também experimentar e refletir sobre a própria atuação.

De volta à descrição do modelo, verifica-se que os indicadores ocupam uma posição intersectante, associando as três áreas. Esses indicadores permeiam todo o processo, na medida em que devem avaliá-lo (Libâneo, 1994). Isso significa que todas as áreas contêm indicadores, como será detalhado adiante (seção 3.3.4).

3.3.1 A utilização do modelo

Esta seção visa mostrar como a Figura 3.4 (pág. 59) pode induzir algumas concepções de uso do modelo multirreferencial. A ideia é a de que o uso das áreas se modifiquem de acordo com as fases. A apresentação pictórica dá a devida liberdade e, justamente por se utilizar disso, pode-se dizer que há dois modos de uso do modelo:

1. Pode-se pensar nas Áreas do modelo como:

- (a) locais onde se desenvolverão artefatos inerentes a interações, a projetos ou à aprendizagem, de forma combinada ou não. Exemplo da área de projetos é o

⁵Recomenda-se veementemente a leitura do capítulo 3 de Anastasiou e Alves, 2003.

desenvolvimento de novos materiais didáticos.

- (b) uma linha de produção, onde um artefato complexo começa a ser construído pela sua área de projeto, passa pela de aprendizagem e ambas também incluem áreas de interação. Um exemplo é um curso de extensão, voltado para público externo, que vai sendo refinado a cada edição.

2. Pode-se pensar nas Fases do modelo como:

- (a) etapas de uma adaptação, através da reutilização de artefatos e da sua conversão para outros métodos de ensino. O exemplo do curso de extensão engloba fases, na medida em que a cada edição prevê um refinamento.
- (b) partes de um fluxograma de criação ou adaptação de novos métodos de ensino. O método de refinamentos sucessivos é comum na área computacional, principalmente, no que tange ao desenvolvimento de sistemas de gerenciamento do aprendizagem, que viria muito bem a calhar com o modelo multirreferencial proposto.
- (c) meio de experimentação ou para alterar ou acrescentar mais áreas ao modelo inicialmente proposto. O desenvolvimento de um sistema computacional

Como o foco deste trabalho é mostrar a concepção, a construção e a utilização do modelo, serão abordadas com detalhes as áreas de projeto e de aprendizagem, bem como se faz uma adaptação de um cronograma típico do ensino médio ao modelo multirreferencial. Iniciando-se pela área de projetos, mostra-se a seguir como construir artefatos para adaptar uma aula tradicional usando o método ROPES (acrônimo do inglês *Revision, Overview, Presentation, Exercise, Summary*).

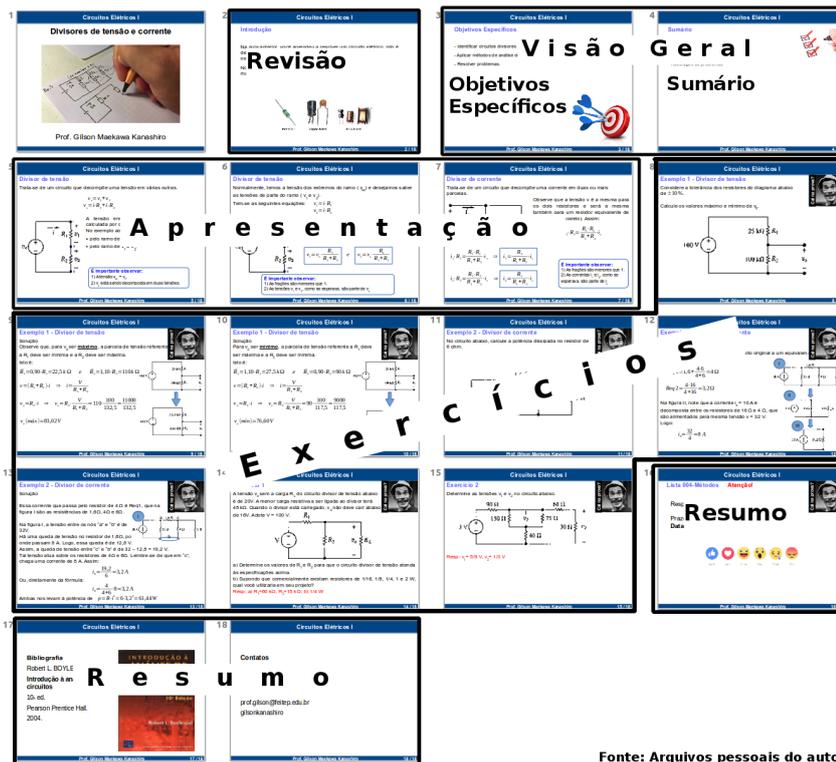
3.3.2 Artefatos

De um modo geral, com exceção dos abstratos, os artefatos são recursos didáticos. Em praticamente todas as ocasiões em que se desejou “fazer algo diferente” em sala, esbarrou-se na dificuldade de adaptar o material ou de criá-lo. Esse é um aspecto problemático para muitos modelos, na medida em que deixam a solução prática envolvida em um verdadeiro mistério.

No entanto, relembra-se que este modelo multirreferencial tem como objetivo facilitar a adaptação (Seção 1.2) e, assim, dedicam-se as linhas abaixo para exemplificar uma forma de construção de artefatos para a área de ensino-aprendizagem, ou seja, aqueles que se usam em sala.

O primeiro artefato será utilizado para expor conteúdo (estratégia de aula expositiva dialogada). Esse artefato pertence à área de ensino-aprendizagem (Figura 3.4, página 59) e é utilizado um método para elaborá-lo.

Considerando-se a Fase de Início, para o professor e alunos, para se adaptar gradualmente ao modelo, utiliza-se o modelo ROPES. O que se observa frequentemente é que os slides contém somente a região destacada como “Exercícios”. A Figura 3.5 mostra um slide construído segundo o modelo ROPES. Nesse artefato, utilizam-se figuras e esquemáticos, a fim de incentivar a retenção e a memória, conforme visto na Seção 2.3.



Fonte: Arquivos pessoais do autor.

Figura 3.5: Adequando material para um artefato (slide) conforme ROPES.

Elaborando-se os artefatos conforme o modelo ROPES (Alves, 2016), facilita-se a adaptação. Tal modelo foi desenvolvido a partir de uma simplificação da hierarquia de eventos de aprendizagem de Robert Mills Gagné (Seção 2.2.3). Essa abordagem influenciou o chamado *instructional design*, ou seja, o processo de elaboração de materiais didáticos.

Tabela 3.1: Eventos de aprendizagem de Gagné. Prática em sala e o modelo ROPES

Eventos	Finalidade	Em sala, o que seria?	Modelo ROPES
Recepção	Obter a atenção	Olá a todos!	Revisão (Review)
Expectativa	Informar objetivos	Hoje, nós veremos...	
Recuperação	Estimular a lembrança	Ontem, vimos que...	
Percepção seletiva	Apresentar o estímulo	Veremos como fazer...	Overview (Visão geral)
Código semântico	Orientar o aprendiz	Vejamos esse exemplo...	Apresentação (Presentation)
Resposta	Evidenciar o desempenho	Tentem fazer esse...	Exercícios (Exercises)
Reforço	Fornecer feedback	Você precisa fazer...	
Recuperação	Avaliar o desempenho	Você consegue?...	
Generalização	Aumentar a retenção e transferência	Agora, vamos ver se...	Resumo (Summary)

Na Tabela 3.1, faz-se uma associação entre os eventos de aprendizagem, a ação equivalente em sala de aula e o modelo ROPES, acrônimo de *Review*, *Overview*, *Presentation*, *Exercise*, *Summary*. Como a maioria dos professores tem suas aulas preparadas de alguma forma (como materiais fornecidos pela editora dos livros), não seria difícil reutilizar esse material para compor um artefato (slides), seguindo a ideia da Tabela 3.1. O ponto central é que apenas se deve tomar o cuidado de seguir rigorosamente a sequência: revisão, visão geral, apresentação, exercícios e resumo.

Há alguns outros contextos em que se pode extrair outras vantagens do modelo ROPES. Apenas para citar algumas, eis as que se descrevem abaixo:

- Principalmente na Matemática, é comum que professores mais experientes não tragam para a sala de aula nada além da própria sabedoria e o giz. O ROPES fica subentendido, na medida em que o professor expõe o conteúdo no quadro e, em geral, os alunos copiam. Nesse caso, há uma economia em termos de produção de material e a cópia em si já é um exercício de aprendizagem. Mas, por outro lado, perde-se em flexibilidade, principalmente na ausência do professor, que pessoalmente cuidará da sequência e da exposição do conteúdo. A vantagem que o material instrucional dá é que os alunos podem ficar menos dependentes do professor – basta fazer um artefato, com um estudo dirigido sobre o material.

- Ainda que se façam debates, seminários, palestras, o professor deve seguir as etapas ROPES, abrindo a sessão (revisão e visão geral), para então se centrar naquelas estratégias de ensino (apresentação e exercícios) e finalizar (resumo).
- O método também pode ser adaptado ao contexto. Em treinamentos “in company”, que duram apenas um período do dia (matutino, por exemplo), não existiria uma Revisão para relembrar algo já ministrado. Nesse caso, pode-se abordar alguns problemas já enfrentados como ganchos. Evidentemente, é preciso ser algo pelo qual muitos já passaram.
- Se os professores sabem como o material instrucional está estruturado, então é mais fácil partir para iniciativas mais inovadoras como interdisciplinariedade, que serão desenvolvidos na área de projetos do modelo (veja comentários na Seção 3.3.6 também).

3.3.3 Artefatos abstratos

Mencionou-se por diversas vezes a construção de artefatos. Mas, a presente seção será dedicada para tecer algumas considerações sobre o fato de que a interação com os alunos pode ser o melhor a se fazer (por isso chamado abstrato). Antes de mais nada, tem-se a comentar que a atuação no mundo dos negócios, envolve a transmissão de confiança e segurança, de um modo assustadoramente racional e intencional. Embora seja incomum tocar no assunto, tem-se visto que alguns professores usam mais os artefatos abstratos, outros menos; enfim, para não se deixar ignorados esses aspectos, seguem-se alguns comentários.

Os artefatos abstratos são aqueles que se manifestam através de ações, reações e comportamentos do professor. Portanto, não tomam a forma concreta, como a de um material didático. Por causa disso, a sua existência passa despercebida, apesar de que muitos professores se utilizem deles intuitivamente. Nesse caso, o importante é identificar algumas situações do convívio professor-aluno em que o artefato abstrato é ideal.

A importância do artefato abstrato vem do fato de que a construção de significados se dá de forma mais marcante quando a eles são associadas emoções, impressões, sentimentos (retomando o que vimos na Seção 2.3, Neurociência cognitiva). É o que normalmente ocorre com as primeiras vezes em que se experimenta algo, com as músicas preferidas,

com o lazer predileto ou com algum assunto especialmente intrigante para o indivíduo.

Por se falar em convívio social, em aprendizagem e em construção de significados é que se fala de artefatos não concretos como posturas, gestos e oratória. Observa-se que a percepção e a opinião do ouvinte é extremamente relevante, não somente pelo aspecto interativo, mas devido ao fato de que são exatamente o objeto de trabalho do orador.

No caso de peças teatrais, como comédias, busca-se instigar intencionalmente certas emoções ou exaltá-las, de modo que técnicas elaboradas se aplicam para provocar certos sentimentos no público. Da parte do ator, há um papel (realidade fictícia) no qual ele atua como se fosse o personagem real. No caso do professor, que embora protagonize uma realidade (contrapondo-se ao papel), também há uma certa dose de atuação, na medida em que se torna um palestrante, um mediador, um juiz, um amigo ou, na visão de muitos alunos de Matemática, um algoz.

Sabendo-se desses aspectos e fatos, os artefatos abstratos se constituem em técnicas que integram posturas, gestos, dicção, formas de abordagens, todos fartamente demonstrados pela empatia e pela eloquência de palestras, comícios e negociações. As opiniões, percepções e emoções dos ouvintes são os objetos de trabalho desses profissionais e provocar o efeito desejado é preponderante para o sucesso. Apenas para se fazer menção, técnicas de oratória e de expressão corporal são empregadas por profissionais como palestrantes, executivos, políticos, negociadores de alto nível, apresentadores de televisão e artistas cênicos.

Mais que prática, a oratória exige a adesão do professor – note-se, porém: como já dissemos, isso não é pré-requisito – e se trata de um excelente meio de promover engajamento, atizar a curiosidade, incentivar a reflexão da realidade em que vivemos e a aprendizagem crítica. Nesse sentido, alguns palestrantes renomados (como Roberto Shinyashiki) usam de uma oratória próxima à cultura do meio acadêmico, pois suas técnicas são muito eficientes para o público que os aclamam.

Pelo que se disse até o momento, no contexto do modelo, construir um artefato abstrato é na verdade criar situações onde alguns comportamentos possam eclodir para que se reaja a eles. Trata-se, portanto, de uma dinâmica extremamente complicada, fortemente dependente de base empírica.

Apesar da necessidade de uma razoável experiência, algumas técnicas podem ser exploradas; nelas, capturar o “timing” correto é de suma importância. Aliás, o “timing”

é imprescindível para convencer as pessoas, em geral. Construir artefatos abstratos se refere mais à criação de situações, como já se disse. Desse modo, levantou-se algumas práticas que se mostraram mais efetivas e mais facilmente assimiladas. Assim, listam-se a seguir algumas situações muito comuns, bastando reconhecê-las no momento em que acontecem, que não demandam muito tempo para serem exploradas:

1. Situações, casos e resultados pitorescos – Ao observar situações, casos e resultados pitorescos (muitas vezes, a evidência é apresentada pelo comentário de um aluno), deve-se explorar com frases como “alguém já viu isso?”, “será que isso tá certo?”, “será que é possível?”, “alguém já viu?”, “você viu que...”. E, mais: desafie! “Quem imagina outro exemplo?”, “Na sua casa tem..., onde?” Tais comentários trazem (e reforçam) lembranças que aproximam o conteúdo estudado à realidade do aluno. Convém asseverar que a falta de habilidades sociais e oratórias podem tornar essa abordagem esdrúxula; mas, por outro lado, ela é magistralmente usada por muitos palestrantes. É preciso ter em mente que o uso desse artefato abstrato deve ser um meio de “puxar um papo” (a dialética) usando a linguagem coloquial para introduzir uma linguagem mais técnica ou simbólica (Matemática). Além disso, essa abordagem refina a percepção do professor sobre a zona de aprendizagem proximal (Vygotsky) e promove a inclusão do aluno na reflexão crítica de sua realidade (Paulo Freire).
2. Aproveitamento do êxito – Oriundo de uma estratégia militar, a expressão se refere a usufruir de um sucesso para obter outro subsequente. Um exemplo muito perceptível ocorre na expressão de uma dúvida suficientemente intrigante. Ao manifestá-la, outros alunos passam a prestar a atenção em um efeito dominó. Se o professor souber usar do silêncio nesse momento, cria-se a situação cênica de um conflito. Observa-se que a expressão da dúvida já mostra um êxito no engajamento da atenção. Mas, o silêncio oportuno criará um forte e total engajamento da atenção⁶.
3. Compartilhamento de experiências – Contar um caso se assemelha à propaganda boca a boca. Fixam-se na mente por dividirem a mesma realidade, trazendo alguma

⁶Exatamente pela forte tensão que gera, o silêncio é um artifício frequentemente utilizado em comédias para realçar a descarga emocional que há subsequentemente. Veja como um romance se torna comédia exatamente aos trinta segundos no vídeo (2014).

solução. É preciso ter em mente que as dificuldades podem ser uma realidade vivida por todos. Compartilhá-las sempre provoca uma aproximação e, normalmente, cria um contexto para aproveitamento do êxito.

4. Varredura em tempo de execução – Oriundo das Ciências da Computação, o termo se refere à possibilidade de averiguar o desempenho de um programa enquanto está sendo executado. Analogamente, um exercício em sala, após uma explicação e um exemplo, poderá incitar perguntas, concretizando o “aprender fazendo”, típico do método de resolução de problemas. Porém, o artefato abstrato está na observação. Alguns alunos se acostumaram passivamente a levar dúvida para casa, deixando passar a oportunidade de aprender. Eles se debruçam sobre o problema, travam na primeira dificuldade e... cruzam os braços. Outros, sequer conseguem se concentrar, por um motivo ou outro. Trata-se de comportamentos ruins, que devem ser evidenciados ao próprio aluno.
5. Alarmes e armadilhas – o cérebro vive atento a distorções à sua volta e reage a evidências que se contrapõe à lógica da natureza. Na selva, índios colocam galhos secos que, pisoteados, provocam um estalo audível a algumas dezenas de metros: tempo suficiente para reagir. Mas, além de tudo, sabendo que animais tem hábitos, a principal informação é a localização da presa, o que dá oportunidade para captura pelas armadilhas. De forma análoga, o conteúdo pode ser arranjado (omitindo algo ou resumindo bastante, mas nunca falsificando) de forma que provoque perguntas. Ao provocar manifestações de dúvidas, obtém-se o gancho para usar uma das outras técnicas.
6. Rir de si mesmo – comentários sobre a dificuldade do conteúdo podem ser o gancho para contar situações, que envolvam falhas, faltas, situações ou consequências engraçadas provocadas ou sofridas por si mesmo. Algumas pessoas tem facilidade em expor situações engraçadas, sobretudo aquelas que envolvam o assunto. A vantagem delas é que são excelentes fixadores de memória, pois dificilmente se esquece de situações hilárias. Além disso, aproximam as pessoas e são uma pausa dissimulada e espontânea.

Como se vê, os artefatos abstratos se referem frequentemente ao que se chama genericamente de “postura do professor em sala” e faz parte de uma linguagem mais complexa,

que corrobora a impossibilidade de prescindir do professor para substituí-lo por inteligências artificiais. Aliás, diversos autores recomendam em suas obras algumas formas de abordagem em sala. Pólya, por exemplo, à página 20 de sua famosa obra *How to solve it – a new aspect of Mathematical Method*, recomenda que a forma de questionar do professor deve partir de problemas mais gerais e abstratos, passando gradualmente para os mais concretos e particulares, até que uma solução ocorra ao aluno.

Pólya foi um dos pioneiros na abordagem de resolução de problemas, de modo que suas sugestões de procedimentos deram origem a um método, que é sucintamente descrito na Figura 3.6.

O fato de que os artefatos foram definidos de uma forma genérica permite incluir a abordagem de Pólya, 1973 no rol acima. Além disso, percebe-se claramente que a pequena lista acima, longe de esgotar os artefatos abstratos, podem suscitar a criatividade e a imaginação para evidenciar outros mais. Note que, generalizando para os casos concretos também, é possível utilizar qualquer outro método proposto pelos diversos autores das dissertações que propõem algo relacionado ao ensino de Matemática no PROFMAT (pág. 18). Algumas aplicações são mostradas no Capítulo 4.

3.3.4 Indicadores: controle do processo ao invés de provas

Essa seção visa esclarecer como o modelo contempla as avaliações e por que se fala em controle. Serão abordados dois dos principais artefatos de controle do processo de ensino-aprendizagem: as avaliações diagnósticas e as que ocorrem durante o período letivo – e como esses instrumentos compõem os indicadores. Em seguida, antes de prosseguir para o controle do processo propriamente dito, comentar-se-á sobre algumas precauções metodológicas.

Ao mencionar a palavra avaliação, normalmente a ideia que se faz é a de uma prova escrita, com questões objetivas ou subjetivas, respondidas individualmente. Entretanto, deseja-se tomar a palavra avaliação em seu sentido mais abrangente possível. Segundo Moretto, 2001 (apud Melhem, 2002) :

“Avaliar a aprendizagem tem um sentido amplo. A avaliação é feita de formas diversas, com instrumentos variados, sendo o mais comum deles, em nossa cultura, a prova escrita. Por esse motivo, em lugar de apregoarmos os malefícios da prova e levantarmos a bandeira de uma avaliação sem provas, procuramos seguir o princípio: se tivermos que

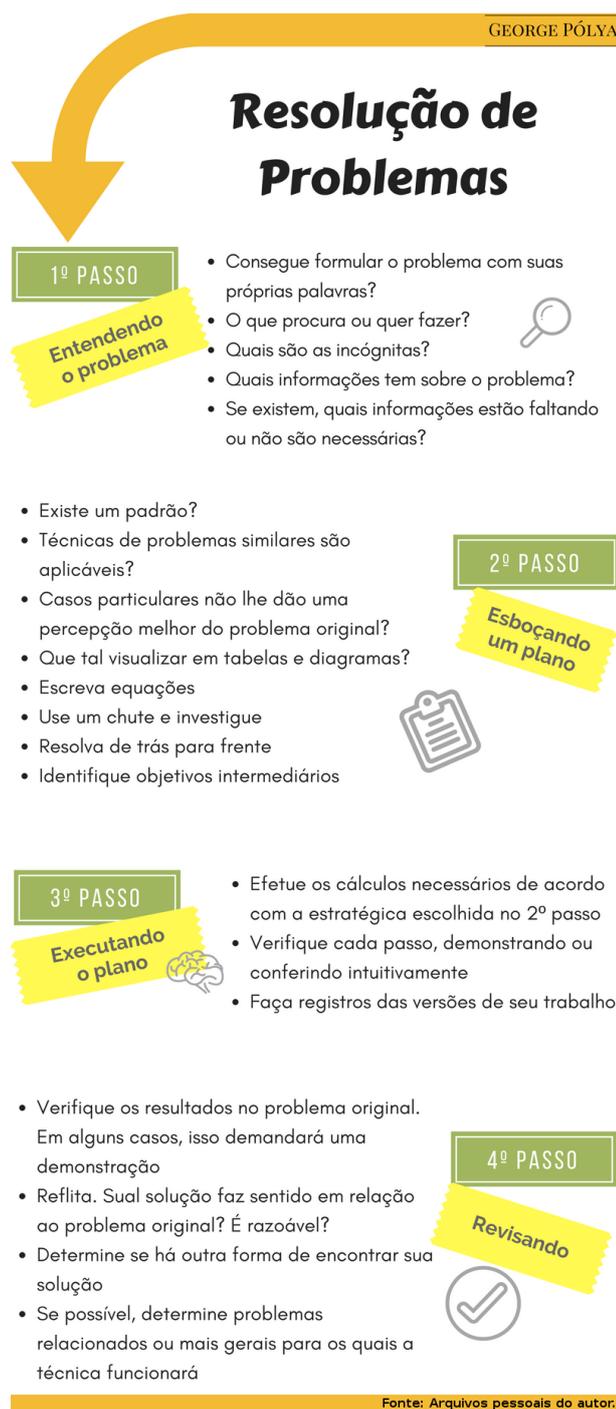


Figura 3.6: O método da resolução de problemas de Pólya

elaborar provas, que sejam bem feitas, atingindo seu real objetivo, que é verificar se houve aprendizagem significativa de conteúdos relevantes”.

No modelo multirreferencial proposto (Figura 3.4), faz-se alusão ao uso de indicadores em todas as áreas. Na verdade, incentiva-se o seu uso, visando proporcionar, na medida do possível, a percepção de que tudo ocorre como deveria. Obviamente, se algo não vai bem, esses indicadores também servem para indicar uma intervenção em tempo hábil.

Indicadores são parâmetros, normalmente quantificáveis ou objetivamente qualificáveis, que tem a finalidade de indicar aos responsáveis como um processo está transcorrendo ou como andam os participantes inseridos nele.

Nesse texto, mencionam-se as expressões avaliação tradicional e não-tradicional. Por tradicional, entende-se a avaliação que em geral se faz em alguns dias do calendário letivo, manifesta-se na forma de provas ou exames e é aquela que a maioria das instituições de ensino brasileiras adotam. Por não-tradicional, entende-se as avaliações que não se enquadram na definição anterior.

Obviamente, trata-se de uma classificação que visa meramente a uma distinção. Tanto que no buscador Google, encontram-se 7.560.000 resultados associados aos radicais acompanh* (acompanhar, acompanhamento) e aprend* (aprender, aprendizagem, aprendido). Considerando-se essa frequência e o fato de que o algoritmo prioriza relevância e acessos, é perceptível que há uma intensa mineração de dados (do inglês, *data mining*) em torno do tema acompanhamento da aprendizagem.

Na Figura 3.3.4, são mostradas nove formas de avaliação tradicional. Embora sejam as mais utilizadas no ambiente educacional, segundo Melhem, 2002, alguns problemas vem à tona quando se pensa em uma avaliação ideal:

- gestão inadequada da instituição de ensino
- ignorância sobre o assunto
- quantidade de avaliados
- tempo dispendido para avaliar
- tempo de preparação da avaliação
- necessidade de reter alunos
- falhas no processo de seleção de alunos
- impossibilidade de discriminar níveis de desempenho

Embora seja amplamente utilizada, sabe-se que um dos grandes problemas da forma de avaliação atual (provas) está em seu aspecto pontual. As provas sacramentam tudo em alguns poucos eventos. Uma analogia seria como se uma indústria fosse verificar se o seu

produto funciona somente na hora da entrega, quando já não se pode fazer absolutamente nada para conter a recusa e a reclamação do cliente.

Outro problema – bem conhecido – é que a prova avalia pouco e mantém foco somente no aluno (ver Seção 4.4, página 95). Deixa de lado o processo, que seria mais importante.

Em geral, ocorre que um processo não pode ser avaliado da perspectiva de uma única pessoa. Um dos motivos é que geralmente é impossível estar onipresente e onisciente a tudo. Para citar um exemplo corporativo, imagine a avaliação do processo logístico da maior rede mundial de supermercados: o Walmart. Como você, por exemplo, sugeriria avaliar algo assim?

Obviamente, há dificuldades na gestão corporativa e é por isso que se fala tanto em *benchmark*, indicadores de desempenho e certificações. A filosofia do controle de processos são muito mais voltadas para o acompanhamento de cada etapa. A intenção é verificar e garantir que tudo corra bem e que se possa intervir de modo a evitar prejuízos maiores.

Dessa maneira, a filosofia deste modelo é dar mais ênfase ao acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem. Ao entender essa filosofia é mais fácil de implementá-la. Tal acompanhamento se concretiza com o controle do processo, que ocorrerá efetivamente com os indicadores, que são compostos pelas autoavaliações e pelas avaliações.

Imagina-se que normalmente o professor faça uma espécie de prova, contendo questões ou proposições, para que sejam respondidas pelos alunos. Embora não haja qualquer impedimento em fazê-lo, as avaliações, quaisquer que sejam elas, devem ser complementadas pelas autoavaliações.

Fazer autoavaliações proporciona inclusão do aluno no processo, notificando-o sobre a visão de si mesmo, além de permitir o diagnóstico para o professor. Do cruzamento desses dados, uma visão mais consistente de acompanhamento pelo professor e pelo aluno pode ser obtida.

A conotação em torno das indicadores é o de estar preocupado com o andamento do processo de ensino-aprendizagem. Para ser objetivo: quem já não viu a vovó “cuidando” o bolo dela para não deixá-lo queimar? Quem já não fez uma fileira de dominós, tomando todo o cuidado para evitar esbarrar e assim estragar a brincadeira? A Figura 3.8 mostra de uma forma pictórica a filosofia dos indicadores em um processo dinâmico.

Outro característica desestimulante em torno das autoavaliações é a falta de praticidade que existe em torno delas. Afinal, depois de fazê-las, vem o quê? Neste modelo, esse

TIPO	PROVA OBJETIVA	PROVA DISSERTATIVA	SEMINÁRIO	TRABALHO EM GRUPO	DEBATE	RELATÓRIO INDIVIDUAL	AUTO-AVALIAÇÃO	OBSERVAÇÃO	CONSELHO DE CLASSE
Definição	Série de perguntas diretas, para respostas curtas, com apenas uma solução possível	Série de perguntas que exijam capacidade de estabelecer relações, resumir, analisar e julgar	Exposição oral para um público, utilizando a fala e materiais de apoio próprios ao tema	Atividades de natureza diversa (escrita, oral, gráfica, corporal etc.) realizadas coletivamente	Momento em que os alunos expõem seus pontos de vista sobre um assunto polêmico	Texto produzido pelo aluno depois de atividades práticas ou projetos temáticos	Análise oral ou por escrito que o aluno faz do próprio processo de aprendizagem	Análise do desempenho do aluno em fatos do cotidiano escolar ou em situações planejadas	Reunião liderada pela equipe pedagógica de determinada turma
Função	Apavalar quanto o aluno aprendeu sobre dados singulares e específicos do conteúdo	Verificar a capacidade de analisar o problema central, formular ideias e redigi-las	Possibilitar a transmissão verbal das informações pesquisadas de forma eficaz	Desenvolver a troca, o espírito colaborativo e a socialização	Aprender a defender uma opinião, fundamentando-a em argumentos	Averiguar se o aluno adquiriu os conhecimentos previstos	Fazer o aluno adquirir capacidade de analisar o que aprendeu	Obter mais informações sobre as áreas afetiva, cognitiva e psicomotora	Trocar informações sobre a classe e sobre cada aluno para embasar a tomada de decisões
Vantagens	É familiar às crianças, simples de preparar e de responder e pode abranger grande parte do exposto em sala de aula	O aluno tem liberdade para expor os pensamentos, mostrando habilidades de organização, interpretação e expressão	Contribui para a aprendizagem do ouvinte e do expositor, exige pesquisa e organização das informações e desenvolve a oralidade	A interação é um importante facilitador da aprendizagem e a heterogeneidade da classe pode ser usada como um elemento a favor do ensino	Desenvolve a habilidade de argumentação e a oralidade e faz com que o aluno aprenda a escutar com um propósito	É possível avaliar o real nível de apreensão de conteúdos depois de atividades coletivas ou individuais	O aluno só se abrirá se sentir que há um clima de confiança entre o professor e ele e que esse instrumento será usado para ajudá-lo a aprender	Perceber como o aluno constrói o conhecimento, seguindo de perto todos os passos desse processo	Favorece a integração entre professores, a análise do currículo e a eficácia das propostas e facilita a compreensão dos fatos pela troca de pontos de vista
Atenção	Pode ser respondida ao acaso ou de memória e sua análise não permite constatar quanto o aluno adquiriu de conhecimento	Não mede o domínio do conhecimento, cobre uma amostra pequena do conteúdo e não permite amostragem	Conheça as características pessoais de cada aluno para saber como apoiá-lo em suas principais dificuldades	Esse procedimento não o desobriga de buscar informações para orientar as equipes. Nem deve substituir os momentos individuais de aprendizagem	Como mediador, dê chance de participação a todos e não tente apontar vencedores. Priorize o principal e priorizar o fluxo de informações entre as pessoas	Não importa se você é professor de Matemática, Ciências ou Língua Portuguesa. Carri gir os relatórios (gramática e ortografia) é essencial sempre	O aluno só se abrirá se sentir que há um clima de confiança entre o professor e ele e que esse instrumento será usado para ajudá-lo a aprender	Faça anotações na hora, evite generalizações e julgamentos subjetivos e considere somente os dados fundamentais no processo de aprendizagem	Faça observações objetivas e não rotule o aluno. Cuidado para a reunião não virar só uma confirmação de aprovação ou reprovação
Planejamento	Selecione os conteúdos para elaborar as questões e faça as chaves de correção. Elabore as instruções sobre a maneira adequada de responder às perguntas	Elabore poucas questões e dê tempo suficiente para que os alunos possam pensar e sistematizar seus pensamentos	Ajude na delimitação do tema, forneça bibliografia, esclareça os procedimentos de apresentação e ensaie com todos os alunos	Proponha atividades ligadas ao conteúdo, forneça fontes de pesquisa, ensine os procedimentos e indique materiais para alcançar os objetivos	Defina o tema, oriente a pesquisa e combine as regras. Mostre exemplos de bons debates. Peça relatórios sobre os pontos discutidos. Se possível, filme	Uma vez definidos os conteúdos, promova atividades que permitam à turma tomar notas ao longo do processo para que todos consigam redigir facilmente	Forneça um roteiro de autoavaliação, com as áreas sobre as quais você gostaria que ele discorresse. Liste conteúdos, habilidades e comportamentos	Elabore uma ficha com atitudes, habilidades e competências que serão observadas. Isso vai auxiliar na percepção global da turma e na interpretação dos dados	Conhecendo a pauta de discussão, liste os itens que pretende comentar. Todos devem ter direito à palavra para enriquecer o diagnóstico dos problemas
Análise	Defina o valor de cada questão e multiplique-o pelo número de respostas corretas	Defina o valor de cada pergunta e atribua pesos à clareza das ideias, ao poder de argumentação e à conclusão e a apresentação da prova	Atribua pesos à abertura, ao desenvolvimento do tema, aos materiais utilizados e à conclusão. Estimule a turma a fazer perguntas e opinar	Observe se todos participaram e colaboraram e atribua valores às diversas etapas do processo e ao produto final	Estabeleça pesos para a pertinência da intervenção, a adequação do uso da palavra e a obediência às regras combinadas	Estabeleça pesos para cada item a avaliar (conhecimento dos conteúdos, estrutura do texto, apresentação)	Use esse documento ou depoimento como uma das principais fontes para o planejamento dos próximos conteúdos	Compare as anotações do início do ano com as mais recentes para perceber no que o aluno avançou e no que precisa de acompanhamento	O resultado final deve levar a um consenso em relação às intervenções necessárias no processo de ensino e aprendizagem
Como utilizar as informações	Veja como cada aluno está em relação à média da classe. Analise os itens que muitos erraram para ver se a questão foi mal formulada ou se é preciso retomar o conteúdo específico	Se o desempenho não for satisfatório, crie experiências e novos enfoques que permitam ao aluno chegar à formação dos conceitos mais importantes	Caso a apresentação não tenha sido satisfatória, planeje atividades específicas que possam auxiliar no desenvolvimento dos objetivos não atingidos	Observe como a giratória trabalha – para poder organizar agrupamentos mais produtivos da perspectiva da aprendizagem dos conteúdos	Crie outros debates em grupos menores, analise o filme e aponte as deficiências e os momentos positivos	Cada relatório é um excelente indicador do ponto em que os alunos se encontram na compreensão dos conteúdos trabalhados	Use essas reuniões como ferramenta de autoanálise. A equipe deve prever mudanças tanto na prática diária como no currículo na dinâmica escolar, sempre que necessário	Esse instrumento serve como uma lupa sobre o processo de desenvolvimento do aluno e permite a elaboração de intervenções específicas para cada caso	Use essas reuniões como ferramenta de autoanálise. A equipe deve prever mudanças tanto na prática diária como no currículo na dinâmica escolar, sempre que necessário

Fonte: Adaptado de novaescola.org.br

Figura 3.7: Avaliações mais comuns no ambiente escolar



Figura 3.8: Filosofia do controle de processo de ensino-aprendizagem. Intervir antes de um desastre na prova final.

próximo passo é explícito: o professor e sobretudo o aluno devem quantificar e monitorar para que se tenha o controle. Esses aspectos serão discutidos na Seção 3.3.5.

3.3.4.1 Um primeiro passo: avaliações diagnósticas

As avaliações diagnósticas são artefatos feitos pelo professor, mas podem contar com o auxílio dos próprios alunos. Como se sabe, um diagnóstico é necessário, principalmente nos seguintes contextos: uma nova turma (tipicamente, no início do ano letivo); uma grande heterogeneidade em uma turma; ou, quando se identifica no próximo assunto a exigência de muitas habilidades (intuitivamente, é perceptível como um “assunto difícil de explicar”, como o exemplo da função contínua, página 54).

A tática de diagnosticar não é novidade. Seu uso no trabalho é feito de acordo com Menezes, Gregório e Paula (2013), que concebem o diagnóstico como base para um nivelamento ou a divisão da turma em grupos mais homogêneos, nos quais possam ser trabalhados os mesmos objetivos educativos.

Recomenda-se que essa subdivisão não seja explícita aos alunos, principalmente, em turmas infantis ou imaturas, a fim de evitar constrangimentos, como o *bullying*. Porém, é importante fazer tais subdivisões, já que ajudarão o professor a direcionar explicitamente o seu método para atingir alunos em diferentes estágios de aprendizagem.

Essa subdivisão ocorre de acordo com as competências, resultando em “n” subgrupos, mas isso não quer dizer que o professor tenha que se desdobrar de “n” formas diferentes. A ideia é permitir uma visão clara das habilidades que serão trabalhadas como núcleo comum em todos os grupos (fase de início do modelo).

Já em um momento mais adequado (fase de proficiência do modelo), será possível realizar um trabalho bem mais inovador, usando de interdisciplinariedade real, ou seja,

colocando dois professores de disciplinas diferentes na mesma sala, trabalhando artefatos interdisciplinares. É dessa forma que se vislumbra entregar mais qualidade de ensino em menos tempo.

Na sequência, apresenta-se um exemplo de autoavaliação diagnóstica. Note que a Tabela 3.2 representa parte de um artefato e pode ser feita em uma folha de caderno ou de papel almaço⁷. Trata-se de um artefato de tecnologia o mais simples possível, conforme se estabeleceu como objetivo específico (seção 1.2, página 20).

Tabela 3.2: Fase de Início: o artefato é uma autoavaliação diagnóstica com o propósito de definir seus rumos.

Habilidades	Executou com autonomia	Executou com dificuldade	Não conseguiu executar
Fez cálculos...	X		
Fez estimativas...			X
Fez operações de...		X	
Interpretou o enunciado...	X		
Elaborou estratégia de resolução...		X	
Utilizou o teorema...		X	
Interpretou o resultado...		X	
Esboçou gráficos...			X
Fez representações geométricas...			X
Atenção, concentração e organização...		X	

Fonte: Arquivos pessoais do autor.

Observa-se que a primeira coluna contém critérios para autoavaliação, que podem ser agrupados em conjuntos que representam habilidades desejáveis. Como o aluno está começando o período letivo, em geral, esse artefato não tem a ver com a disciplina que cursará, mas conteúdos já vistos. Ao executar um exercício, o aluno preenche as linhas, escolhendo uma das colunas como alternativa que mais considera pertinente para si mesmo.

A quantidade e o tipo de exercícios devem ser tais que:

- O aluno deve reconhecer o conteúdo como assunto já ministrado.
- Seja possível resolver em um tempo razoavelmente rápido, já que o objetivo é verificar se o aluno reconhece ou se lembra.

⁷Embora não faça parte do escopo do trabalho, nem seja imprescindível ao modelo, é possível implementar um sistema computacional, a fim de automatizar essas tarefas.

- Preferencialmente, não seja atribuída nota, pois o objetivo é identificar em que condição estão as habilidades do aluno.
- Evidencie de forma clara as dificuldades em operações ou conteúdos básicos.

Nesses artefatos de autoavaliação, deve-se estimular o indivíduo a identificar as habilidades em que demonstra ter mais dificuldade. É bem provável que estejam no topo de uma lista pessoal de causas de um mau desempenho. No entanto, a ideia aqui é pontuar precisamente quais são essas habilidades e acompanhar sua evolução, de modo que a situação não continue descambando para as eternas reclamações que tanto aborrecem educadores e alunos.

3.3.4.2 Avaliações

Nessa seção, serão discutidos duas espécies de avaliação: aquela que o professor promove para avaliar o processo de ensino-aprendizagem e aquela que o professor promove para se autoavaliar.

Começando-se pela primeira espécie, com o transcorrer da disciplina, deve-se fazer avaliações periodicamente. É comum observar esse tipo de frase, mas frequentemente ela esbarra em dificuldades com a agenda, organização de segunda chamada, necessidade de materiais e recursos, sem contar os mandos e desmandos decorrentes de falha em um planejamento estratégico, entre outros.

As avaliações contidas no modelo são, como se frisou, focadas no controle do processo de ensino-aprendizagem. Portanto, tem-se os alunos ativamente como parte avaliadora e, assim, faz-se uso de autoavaliações. Novamente, nada impede a execução das costumeiras provas escritas, das quais não se pode abrir mão. Porém, a partir das avaliações, a intenção é mostrar adiante como desenvolver indicadores para acompanhar o processo, envolvendo os alunos.

Antes de continuar, convém esclarecer um aspecto recorrente: se já foi feita uma avaliação diagnóstica para que servem outras autoavaliações?

Como exposto na seção 2.3, a linguagem é o meio pelo qual se transmite o conhecimento e em particular, as linguagens simbólicas, como a Matemática. Ocorre que as habilidades cognitivas que demonstram seu domínio são combinações de funções corticais superiores, isto é, processos que ocorrem em nível interno.

Ao realizar uma prova, deseja-se que o avaliado demonstre suas habilidades, o que, em uma situação que as exijam, é mostrar que o conhecimento foi satisfatoriamente apropriado. Ora, por serem internos, é praticamente impossível saber se tais processos ocorreram satisfatoriamente, por isso a autoavaliação é uma boa alternativa.

Além disso, é importante notar que há um certo nível de empatia exigido do autoavaliador. Isto é, avaliando a si mesmo, o aluno deverá perceber, por exemplo, que aquele que resolve algum problema fará mentalmente algumas operações mentais, que estarão apenas implicitamente sugeridas no gabarito.

Nesse caso, duas perguntas podem auxiliar a identificar situações assim: “Como ele fez isso?” ou “Por que ele fez isso?” Para ser mais exato, é pela existência de um contexto como esse que se argumenta não haver possibilidade de excluir o professor de nenhum processo de ensino-aprendizagem.

Há situações em que é preciso estar com ou acompanhar o mestre para entender “como ele fez isso” e “por que ele fez isso”. Por exemplo, o que seria aprender sobre compaixão? Agora, imagine-se na companhia do Dalai Lama . Assim, o que seria aprender sobre o pensamento matemático? Agora, imagine-se com um matemático.

Por outro lado, aquele que se autoavalia precisa ter parâmetros, o que leva ao próximo passo: a construção de um artefato para o aluno se autoavaliar.

A autoavaliação discente corresponde a um ou mais exercícios, os respectivos gabaritos e alguns critérios que serão utilizados para se avaliar. Convém salientar a importância dos gabaritos: é preciso ter parâmetros e, nesse caso, servem para comparar o que se fez com o que deve ser feito. O que construir e como fazê-lo talvez seja esclarecido de uma forma mais contundente na seção 4.3.

Digamos que o artefato já tenha sido feito e utilizado (Figura 3.3). Um aluno verificou, por exemplo, que tem uma grande dificuldade em extrair os dados pertinentes para resolver um problema. Ora, saber que essa é uma das causas do mau desempenho é diferente de culpar a Matemática pela vida desenganosa com a qual vive seu penoso desalento diário...

Dessa maneira, o aluno tem a oportunidade de conhecer suas deficiências para se recuperar, trabalhando naquilo que é mais urgente. A Tabela 3.3 mostra parte de um artefato como o descrito, contendo algumas habilidades, consideradas necessárias para avaliar (e julgar) a própria competência. Observa-se que essas tabelas podem ser preenchidas em atividade extraclasse

Tabela 3.3: Autoavaliações. O aluno deve realizá-las durante o transcorrer do curso.

Domínio do assunto...	Executou com autonomia	Executou com dificuldade	Não conseguiu executar
Conceito de...	X		
Sabe explicar...		X	
Interpretou o enunciado...			X
Elaborou estratégia de resolução...		X	
Utilizou o teorema...		X	
Atenção, concentração e organização...	X		

Fonte: Arquivos pessoais do autor.

O quantificação de alguns dos critérios contidos nesses artefatos pode compor indicadores para se acompanhar o processo ou para atribuir valores, que será mostrado na seção 4.4.

Por fim, uma outra questão recorrente é: como evitar que os alunos respondam de forma enganosa, tanto nas autoavaliações diagnósticas quanto as que executarão durante o processo?

A solução para o problema tem como princípio evitar o paternalismo, isto é, a imagem em que os professores e funcionários da instituição são os únicos responsáveis pelo desenvolvimento do aluno, que está na cômoda situação de recipiendário de todas as benesses da educação.

Assim, há formas de se observar a veracidade e a sinceridade das autoavaliações, tais como cruzar as informações com avaliações decorrentes de provas individuais, debates e apresentações, onde o aluno é obrigado a expor o que sabe.

É recomendável a adoção de práticas como essa, que propiciem um cruzamento de dados, isto é, uma boa autoavaliação deve acompanhar uma boa avaliação em debates e assim por diante.

A assimetria nesse tipo de informação enseja as tradicionais medidas de intervenção, como uma conversa franca o suficiente para mostrar a atitude que o aluno demonstra com o próprio desenvolvimento.

Por outro lado, a ideia geral é, para reforçar, a de que a educação deve ensinar o indivíduo a se autodirecionar e se autorregular. Trata-se de um caminho para a maturidade intelectual, necessário para que o indivíduo detenha o pensamento crítico, libertador e democrático, visualizando a Matemática como ciência inserida no contexto cultural e

social em que vive, aos moldes da proposta de D'Ambrosio, 2012.

3.3.5 O controle do processo de ensino-aprendizagem

Controlar um processo é a grosso modo um sinônimo de mantê-lo em um rumo desejado.

Primeiramente, é preciso considerar que a aprendizagem humana ocorre de maneiras explícitas e implícitas, diretas e indiretas, ontem, hoje e amanhã. Assim, pode-se afirmar que não existe o tal rumo, nem desejado e nem padronizado. Sem rumo, não há destino e, assim, quaisquer objetivos serão frutos de um processo.

Dessa forma, quando se fala em controle de processos, há um pressuposto de que um fim está estipulado, em geral, na forma de objetivos. No caso do processo de ensino, os objetivos são definidos pelo currículo. Essa disciplina pedagógica interconecta conteúdos, objetivos e métodos ao meio social em que se insere (ibid.). Além do currículo, é preciso considerar a gestão educacional (D'Agnoluzzo, 2007 e Melhem, 2002), que racionaliza a utilização dos recursos da instituição.

No caso do processo de ensino-aprendizagem, há conjunturas que tornam o controle ainda mais complexo, considerando que o processo geral inclui políticas educacionais, problemas sociais, conflitos pessoais e interpessoais e, finalmente, o contexto de cada aluno. Por isso, passa-se longe dos temas abordados por Saviani, 2009, sobre o controle estatal e a sistematização que emana do poder público.

Uma vez mais, tanto quanto possível, está-se restringindo esse texto (e, por extensão, o modelo multirreferencial) ao aspecto de professor-aluno e, talvez, ao de comunidade-escola-professor-aluno. Porém, como será mostrado, as implementações se restringiram à relação professor-aluno.

Para controlar o processo, o modelo tem por base critérios que agrupados representam algumas habilidades cognitivas desejáveis aos alunos, que devem ser acompanhadas pelo professor e, sobretudo, de forma individual pelos alunos.

Ao construir artefatos, o professor e os alunos devem visar conhecer e ter consciência de suas próprias habilidades. Para aprimorá-las é preciso partir de uma zona de desenvolvimento proximal (segundo Vygotsky, Seção 2.2.2).

De que forma se pode gerenciar os resultados do processo de ensino-aprendizagem? Ou, posicionando melhor a indagação, colocando-a na primeira pessoa: de que modo eu

consigo perceber que não estou bem e que preciso tomar uma atitude? Qual a ação que devo tomar? Essas perguntas valem tanto para professor quanto, principalmente, para alunos.

Aliás, é na resposta a essas perguntas que as autoavaliações tomam sua forma mais contundente, pois o princípio do controle de processos é: se deseja saber como anda um processo, monitore aquilo que mais incomoda (Falconi, 2004). Assim, é visível que o professor tem papel secundário para a pergunta imediatamente subsequente: o que é que mais me incomoda?

Segue daí a relevância das autoavaliações no modelo proposto – não há ninguém mais apto que o próprio indivíduo para respondê-la⁸.

Depois de identificar aquilo que incomoda (habilidade deficiente ou falta de conhecimento), passa-se ao monitoramento, que é o registro de algum modo quantificável ou qualificável. Isso é concretizado e exemplificado nos critérios que representam habilidades cognitivas (ver as tabelas das seções 4.3 e 4.4).

Há um dito popular entre gerentes: quem não mede, não gerencia. Então, a próxima questão deve tratar do que se deve monitorar. O modelo se embasa na famosa tríade conhecimento, habilidades e atitudes. O que se costuma medir é o conhecimento, através de provas, que vimos não ser uma boa alternativa. No entanto, o que produz resultados são atitudes que se materializam com a aplicação das habilidades. Já que atitudes são comportamentos relativamente abstratos para medir, a métrica de controle de processo, no modelo proposto, ocorre através das habilidades.

Frisa-se que deve haver o cruzamento de dados entre as provas (que presumivelmente medem conhecimento) e as autoavaliações (que medem percepções pessoais sobre as habilidades) formariam um excelente acompanhamento, muito embora as provas não sejam tão regulares.

Na Tabela 3.4, mostra-se um período típico, correspondente às autoavaliações realizadas com uma turma de 20 alunos de nivelamento de Matemática Básica.

A mesma tabela também pode ser transformada em um gráfico, o que seria mais recomendável, devido ao apelo visual, como mostra a Figura 3.9.

A tabela e o gráfico devem ser expostos de modo a não causar constrangimento. Pode-

⁸Cumpra esclarecer que, embora o indivíduo (aluno) seja o responsável pela identificação da deficiência que o incomoda, ele encontra no professor alguém com a experiência para ajudar nessa visão empática. Esse é outro motivo pelo qual não é possível colocar uma inteligência artificial no lugar ou excluir a figura do professor.

Tabela 3.4: Controle do processo de ensino-aprendizagem - Autoavaliações semanais

Avaliação	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Fez com autonomia	3	5	2	8
Fez com dificuldade	9	12	17	11
Não Fez	8	3	1	1

Fonte: Arquivos pessoais do autor.

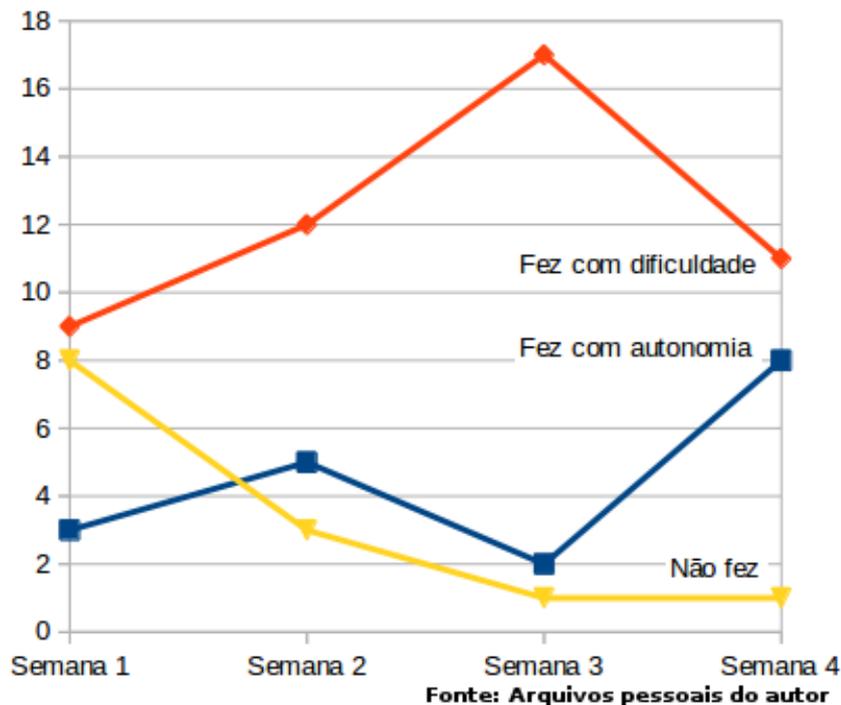


Figura 3.9: Controle do processo de ensino-aprendizagem: todos devem acompanhar o desempenho.

se para isso tomar as seguintes atitudes:

- Omitir dados, como por exemplo, a linha “Não fez”.
- Exibir esses dados através de um meio eletrônico.
- Usar abordagens diferentes, como na Figura 3.10, em que “post-its” qualificam um artefato como “fácil”, “mediano”, “difícil” ou “fora da casinha”.

Convém explicitar que a questão por trás do apelo visual e das pontuações de habilidades está justamente nos aspectos-chave comentados na seção 2.4, à página 4.1. Ao vislumbrar que é possível chegar lá, que há uma escolha de um caminho plausível para auferir sucesso no curto prazo, o aprendiz-jogador tenderá a se engajar cada vez mais no seu processo de aprendizagem.



Figura 3.10: Quadro de *post-it's* para acompanhar o processo de ensino-aprendizagem.

Quanto mais elaborados os cenários e o visual em torno da ação, quanto mais sinergia entre ambiente, ação e jogador, maior será o engajamento. Desse modo, é recomendável que os artefatos sejam construídos, segundo os princípios da gamificação (Seção 2.4).

3.3.6 Fases

As fases são ciclos completos e delimitados no tempo. Podem ou não ser rigidamente demarcadas em um cronograma. Seu papel principal no modelo é proporcionar uma gradual adaptação de professores, alunos e outros envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Isso se deve ao fato de que este trabalho defende modelos adaptativos, que incorporem paulatinamente as soluções encontradas em diversas situações e regiões geográficas. O intuito é de explicitamente incorporar e respeitar o currículo bem elaborado.

Como evidenciado nos trabalhos de Melhem, 2002 no nível superior e de D'Agnoluzzo, 2007 no nível fundamental, entende-se também que há uma grande interferência na prática docente proveniente da gestão educacional, aqui entendida como aquela que define o currículo e o plano político-pedagógico, bem como os aspectos estruturais da instituição (quantidade de professores, cargas horárias, salas e alunos).

Essa interferência da gestão educacional se faz sentir principalmente em aspectos avaliativos. A Figura 3.11 mostra um cronograma típico de uma instituição privada do ensino médio. A opção pela escolha se dá pelo fato de que os cronogramas são bastante engessa-

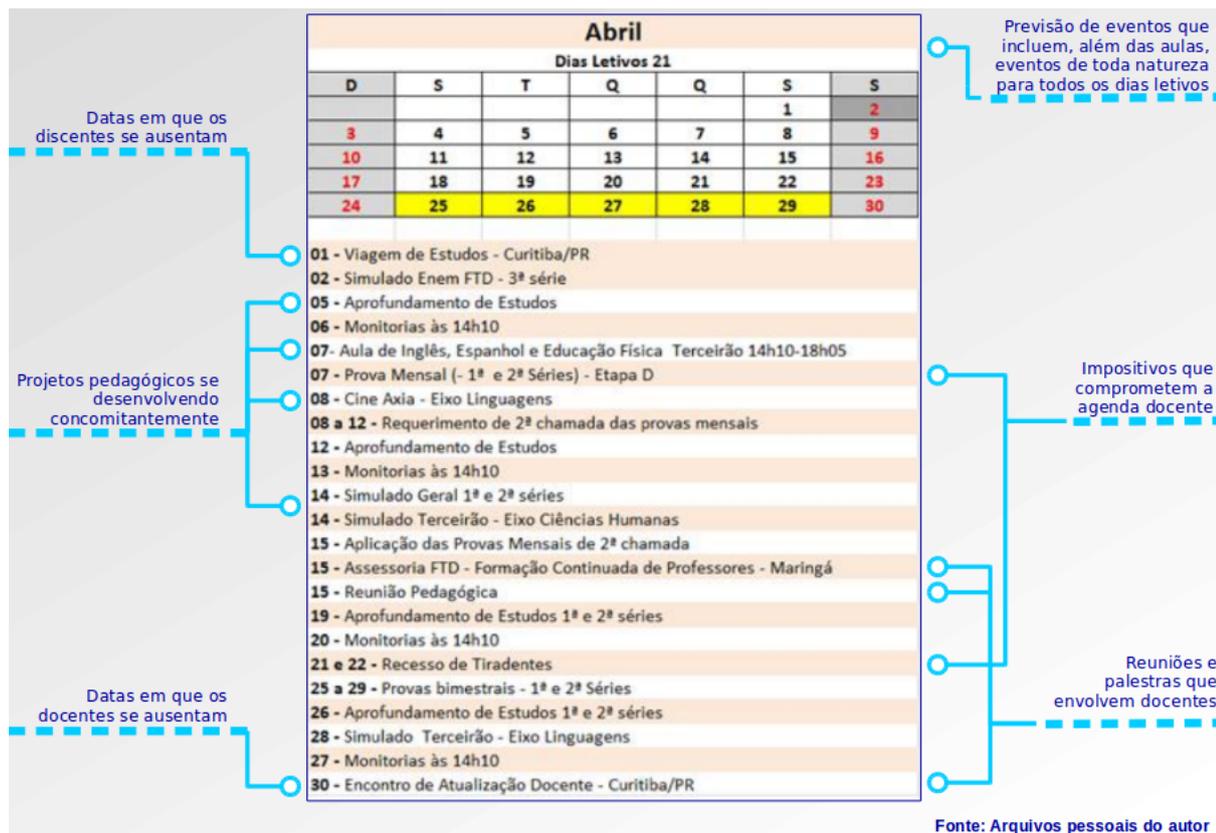


Figura 3.11: Cronograma típico, contendo várias ações e atividades ocorrendo concomitantemente.

dos, no sentido de que os professores pouco influem na sua concepção ou mesmo em suas alterações. Observa-se que, dos 21 dias letivos, há 2 dias em recesso, 8 dias em simulados ou provas e 11 dias efetivamente em sala de aula. Desses dias, em 9 dias existem atividades paralelas, decorrentes de projetos pedagógicos. Somente em 2 dias parece não haver qualquer atividade além das aulas.

Verifica-se uma densidade de atividades no cronograma que chega a nos levar a questionar qual seria o foco, com tamanha carga de atividades que comprometem tanto alunos quanto professores. A previsão dos aprofundamentos e das monitorias parecem revelar mais a necessidade de socorrer os atropelados do que propriamente reforçarem o conteúdo visto.

Esse exemplo serve para demonstrar a realidade em que se deseja que o modelo ajude. Inicialmente, o professor individualmente teria o mesmo trabalho de preparação de suas aulas, apenas se acercando dos cuidados na elaboração dos artefatos, o que equivaleria a uma reconstrução de suas aulas. Sugere-se que isso seja feito de um período letivo para outro, no momento em que esteja atualizando seu material didático.

Em um outro patamar, construído sobre a base anterior, os professores das mesmas áreas do conhecimento passam a sistematicamente compartilhar materiais destinados a alguns fins, como provas, trabalhos, aulas práticas. Observa-se que essas adaptações e interações já ocorrem, mas o intuito é torná-las previsivelmente parte de um modelo de desenvolvimento grupal. Em certo nível, é possível que surja uma interdisciplinariedade entre os professores de áreas diferentes.

No mais alto nível, a interação no ambiente de trabalho tende a formar uma equipe coesa, que se vê como tal (identidade grupal). Nesse contexto, a sinergia entre seus integrantes são bem estabelecidas, as práticas de maior sucesso são identificáveis (formação de *benchmark*), tornando o ambiente propício para inovações.

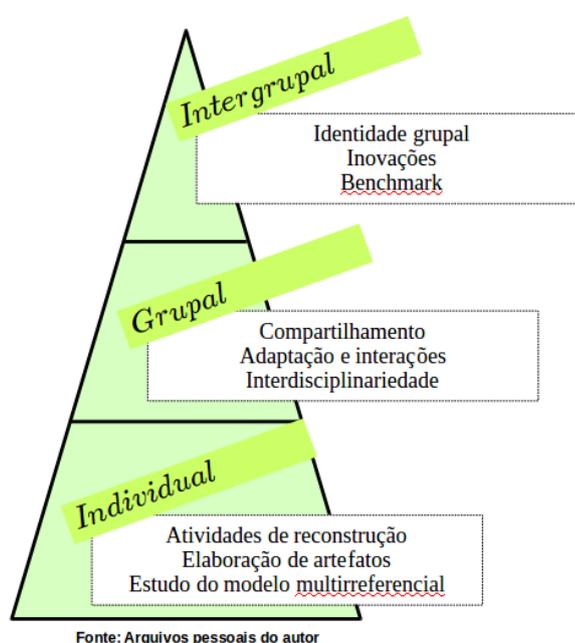


Figura 3.12: Visão esperada da evolução das atividades com o uso do modelo multirreferencial.

A Figura 3.12 mostra essa visão da evolução das atividades docentes. Almeja-se que se alcance o topo da figura com o uso do modelo multirreferencial como meio de planejamento entre os professores. Trata-se também de um exemplo de como as fases devem ser vistas sob uma óptica adaptativa para aqueles que começam a usar o modelo.

Note que a figura triangular demonstra de sua base para cima um nível crescente de complexidade no relacionamento entre os professores. Deve-se visualizar também que, da base para o topo, envolvem-se mais e mais áreas do modelo multirreferencial (Figura 3.4, pág. 59).

Na fase de adaptação e, principalmente, na fase de proficiência, pode ser que o nosso modelo já tenha provocado o surgimento de uma rede colaborativa dentro e/ou fora da instituição, o que envolveria uma comunidade de professores.

Nesse caso, sugere-se o método Trahentem®⁹, de Alves, 2016, para projetos direcionados para aprendizagem. Ao utilizar Canvas⁹ e outros métodos de design instrucional, o Trahentem® se tornou um método com foco em desenvolvimento ágil para a área de ensino. Trata-se, portanto, de um método mais propício para a atuação colaborativa em equipes de alto desempenho.

⁹Termo que provem da língua inglesa e faz alusão à tela em branco utilizada por artistas plásticos e pintores. Trata-se de um método de desenvolvimento ágil, voltado para modelagem de negócios, divulgado por Osterwalder et al., 2014.

Capítulo 4

Implementação, experimentação e resultados

Nesse capítulo, descrevem-se em particular como se utilizou o modelo multirreferencial na prática. Expõem-se também alguns experimentos e resultados, que contribuíram para reformulação e aperfeiçoamento da fase inicial do modelo.

Esse trabalho não teve chance de ser implementado em atividades que abrangessem mais que a sala de aula. Ou seja, as ações se restringiram a ações que alterassem um cronograma como o da Figura 3.11 (pág. 84).

Apesar disso, com relação ao aspecto temporal, tais experimentos vem sendo realizados ao longo de alguns anos, com várias turmas das quais o autor foi docente ou com outras turmas de alunos, nas quais foi possível trabalhar algum aspecto do modelo, com a colaboração de outros professores.

Incluem-se práticas realizadas com alunos de cursos técnicos, tecnológicos, de licenciatura e de bacharelado. Os resultados mais recentes e importantes foram obtidos através de práticas com turmas de Engenharia e Matemática. Além desses cursos regulares, os treinamentos ministrados na carreira executiva também foram de grande valia na concepção das ideias aqui expostas.

4.1 Gamification

Comentam-se a seguir alguns aspectos-chave dos jogos, com os quais se depara no dia a dia. Particularmente, o intuito é agregar tais quesitos no processo de ensino-aprendizagem,

particularmente em seu controle.

Verificou-se que, ao participar de um jogo bem projetado, o aluno estará submerso em um ambiente de jogo que agrega todas ou a maioria das seguintes características:

- A escolha de uma estratégia simula a liberdade de escolher seu destino. O jogador pensa que pode escolher qualquer rumo, com sua atitude e que isso determina o seu destino. O jogo é um ambiente, onde o jogador acolhe as regras, fabricando um mundo paralelo e “esquece” as leis físicas do mundo real.
- A percepção de uma vantagem sobre uma decisão simula uma boa escolha. Ao fazer as escolhas, o jogo, de algum modo dá ao jogador algumas “deixas” daquilo que seria bom. O contexto, na verdade, deixam claras algumas necessidades, como pegar moedas para trocá-las por ferramentas virtuais ou armas, por exemplo. Isso determina uma inclinação em valorizar a coleta de moedas.
- O conjunto de escolhas bem tomadas simula sucessos. O jogo possui um caminho que invariavelmente levará o jogador ao clímax ou à fase final. No meio desse percurso, as escolhas determinam sobrevidas ou vantagens recompensadoras ao jogador. Trata-se da ilusão do sucesso na vida, decorrente de decisões bem tomadas ou da destreza demonstrada pelo jogador em cada fase. Observe que, quanto mais difíceis as escolhas ou a destreza exigida, maior será essa ilusão. Jogadores chegam a experimentar o sentimento de glória – o mesmo sentimento de guerreiros que vencem batalhas reais.
- A decisão de tomar as atitudes depende somente da ação do jogador e simula a realização. Tomando-se as decisões, traçando estratégias, sendo recompensado por isso, colhendo sucessos, todas essas ilusões levam a um sentimento de realização. Tudo está ao alcance do jogador no exato momento em que ele se conecta ao jogo. Essa realização (a curto prazo, prazerosa e imediata) é que traz o engajamento (o “comportamento viciante”) de muitos jogos.

Na estrutura do modelo multirreferencial, o sistema de pontuação está atrelado a artefatos que fazem tanto as avaliações quanto as autoavaliações. Estas permitem ao jogador antever sua posição diante de um desafio. Há tempo para se preparar, aprendendo e fortalecendo-se no que as autoavaliações sugerem fraqueza.

A estrutura em fases permite ao aluno e ao professor promoverem uma gradativa aprendizagem, como em um jogo, cujas regras são aprendidas na medida em que se joga.

Como se vê, embora haja alguns elementos de jogos no modelo multirreferencial, a gamificação faz parte do planejamento de um artefato muito específico e dependente de tecnologias inovadoras. Além disso, como se depreende da Tabela 2.2 (pág. 45), seria muito trabalhosa a adaptação do material que o professor normalmente usa. Em casos não tão raros, seria necessário o desenvolvimento completo de todos os recursos didáticos, tendo em vista a transposição para uma plataforma digital.

Assim, pelo fato de que o foco do trabalho é o modelo multirreferencial e, por questões de simplicidade e de facilitar a adaptação, fase que se priorizou nesse texto, a implementação usará prioritariamente uma abordagem: a do método ROPES (Seção 3.3.2).

4.2 Artefatos

Na presente seção, comenta-se para fins demonstrativos a aplicação do modelo ROPES. Tomou-se como exemplo um conhecido material didático, fornecido pela editora Cengage Learning como suplemento ao professor do livro *Cálculo* (Stewart, Moretti e Martins, 2009).

Com base no material disponibilizado, começou-se por uma análise geral sobre o tópico “Continuidade” (Figura 4.2). Sem muitas dificuldades, percebe-se que o tema é abordado como uma sequência de recortes baseados no texto do livro.

Nesse material, observando-se a estrutura de ROPES, não se observam as etapas de revisão e de visão geral, que deveriam estar postas logo no início, seguindo-se diretamente para o conteúdo teórico (apresentação). O material termina com dois exemplos e suas respectivas soluções (exercícios). Assim, não se observa a etapa correspondente ao resumo no final. (O último slide que aparece na figura já faz parte do tópico seguinte).

Em relação ao ROPES, as setas na Figura 4.1 mostram os locais onde deveriam ser inseridos as etapas (marcadas com interrogação). O conjunto de slides possui uma capa, após a qual deveriam ser inseridos tópicos que revisem o que foi estudado para dar sequência ao assunto. Essa é uma etapa primordial para capturar a atenção da audiência e também para forçar um exercício de resgate da memória de longo prazo.

A Figura 4.2 mostra com mais detalhes os dois primeiros slides. O primeiro slide é

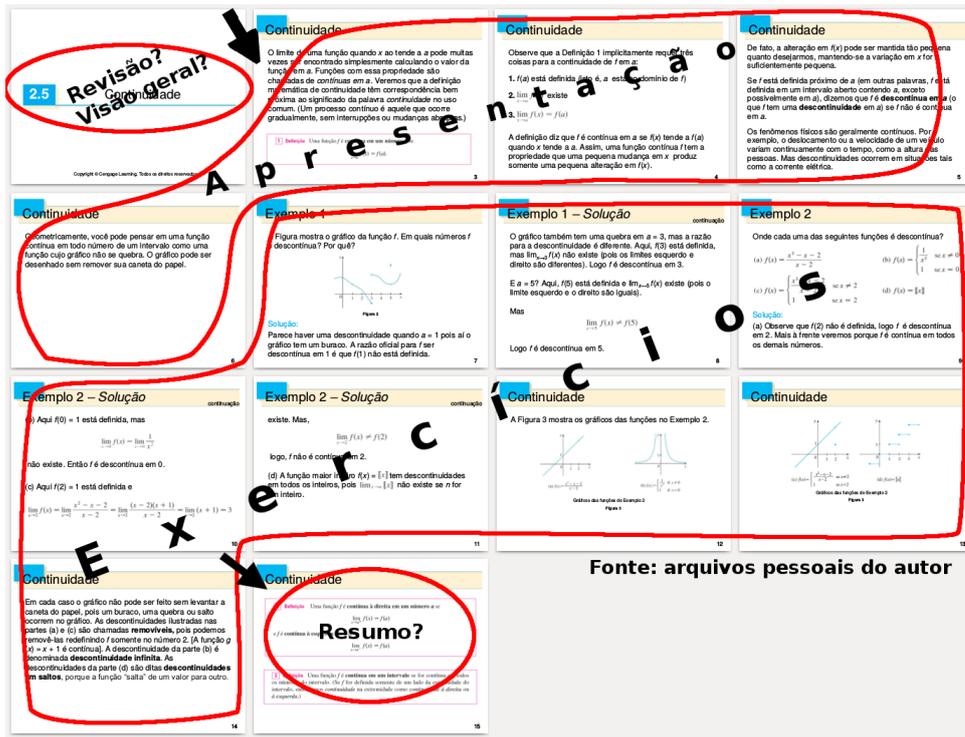


Figura 4.1: Observa-se a ausência da revisão, da visão geral e do resumo do tópico, se considerada a estrutura do método ROPES.

uma capa e o segundo, um resumo. Observa-se que a capa possui o número da seção 2.5 correspondente ao livro (seção 5 do segundo capítulo) e o assunto abordado é continuidade. Da capa, passa-se diretamente ao conteúdo (apresentação). No intuito de adaptar esse material ao ROPES e ao nosso modelo (cuja abordagem prioriza a linguagem como base de transferência do conhecimento), examina-se o conteúdo precedente.

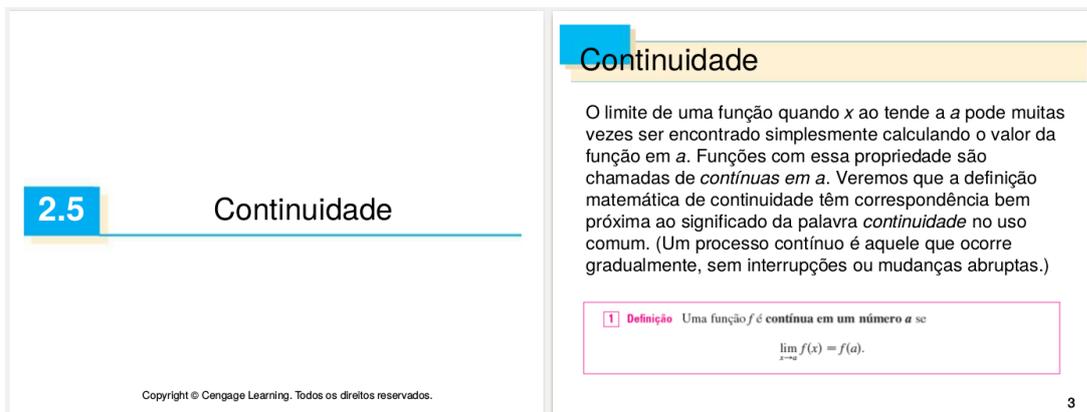


Figura 4.2: Primeiros slides: não há resumo, nem uma visão geral do assunto.

Ao consultar o livro, verifica-se que a seção anterior trata da definição formal do limite de uma função e do significado de vizinhança, além disso, demonstra os primeiros

procedimentos para obter os valores para os quais tende uma função.

Uma vez observada essa abordagem, sabendo que a seção 2.5 tratará da definição formal de continuidade com base em limites, propõe-se um único slide como revisão e visão geral, cujo conteúdo é mostrado na Figura 4.3.

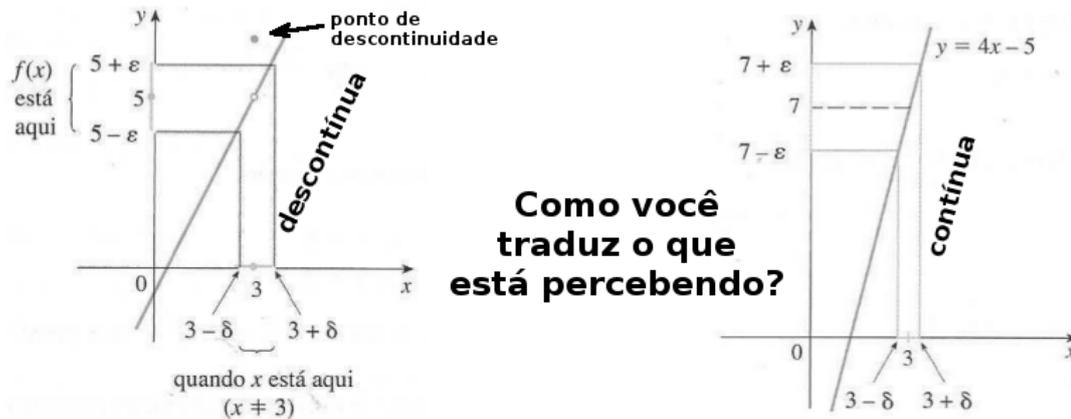


Figura 4.3: Etapas de revisão e visão geral em um único slide: dirija uma discussão.

Na Figura 4.3, as partes que remetem aos estudos anteriores se referem a ambos os gráficos: o da esquerda demonstra uma função que contém um ponto de descontinuidade e o outro gráfico, uma função contínua facilmente identificável como tal. Faz-se o uso de flechas, gráficos, símbolos e palavras, pois se pretende “aquecer” as regiões de Broca-Wernicke do hemisfério esquerdo do córtex cerebral, responsáveis pela linguagem. Como visto na seção 2.3, estamos introduzindo uma série de novos significados através de uma nova linguagem, expressa em novas palavras e símbolos que, a um primeiro contato de estudantes principiantes, não se perceberia a profundidade semântica que a notação simbólica proporciona.

Observa-se que um slide como esse propositadamente omitirá vários comentários feitos durante a aula anterior. Para o professor, pode ensejar boas oportunidades para uso dos artefatos abstratos (pág. 68), provocando a participação com perguntas como “Lembra disso ou daquilo?” a fim de aproveitar o êxito.

Quanto à etapa visão geral do ROPES, observe que a pergunta colocada ao centro das duas figuras propõe um desafio por ora intransponível, mas leva a uma reflexão. A formalização da divergência observada entre as duas figuras aponta justamente para o conceito de continuidade, utilizando-se limites. A partir de um gancho como esse, o professor poderá iniciar com uma visão “en passant” do que será visto e adentrar no conteúdo.

No final da sequência de slides mostrados na Figura 4.1, mencionou-se a falta da etapa de resumo do método ROPES. Aconselha-se resumir o que se fez na aula, respondendo à pergunta de nossos pais: “o que você aprendeu na aula hoje?” (pág. 51). Sendo assim, na Figura 4.4, mostram-se gráficos com diferentes “tipos” de continuidades ou descontinuidades, colocados lado a lado.

É importante notar que a disposição lado a lado provoca uma observação mais sutil. É o momento em que se pode ensinar a apreciar a Matemática como uma espécie de arte, da mesma forma que a percepção gustativa de um apreciador de vinhos detecta sutilezas de cada variedade de uva. O cérebro atento busca instintivamente por padrões, relacionando conceitos, vivências e outros conteúdos já vistos para descobrir relações entre um gráfico e outro.

Continuidade

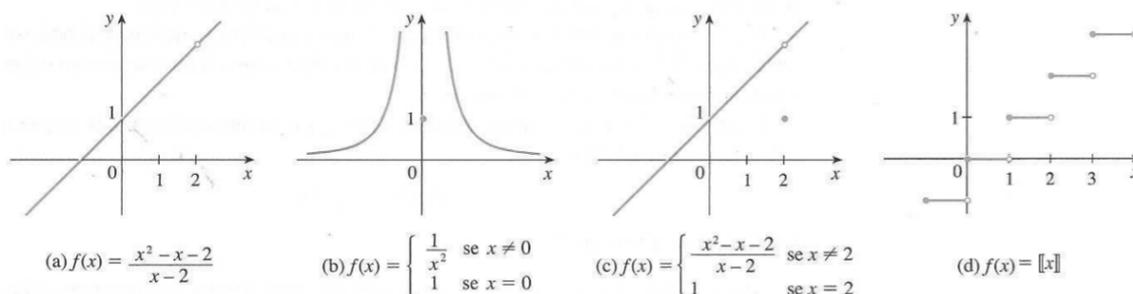


Figura 4.4: Etapas de resumo: já ligado ao próximo conteúdo.

Nas curvas dos gráficos (a), (b) e (c), verificam-se situações cuja descontinuidade se formalizou através do conceito de limites. Para eliminar a descontinuidade, respectivamente, basta excluir os pontos $x = 2$, $x = 0$ e $x = 2$. O quarto gráfico, no entanto, apresenta um comportamento descontínuo diferente: há um salto quando se computa valores em cada uma das laterais do intervalo. Logo, mesmo excluindo certas abscissas, a função continuará descontínua.

Esse fato nos remete aos conceitos formais de limites laterais. Tal tratamento não foi considerado na formulação exposta e será, portanto, abordado na próxima aula ou em um novo tópico. Trata-se, portanto, de fechar um conceito, ligando-o ao conteúdo subsequente. Nem sempre isso é possível, mas, observa-se que esse mesmo slide pode ser convenientemente o resumo da aula seguinte.

4.3 Artefatos para autoavaliação dos alunos

Os artefatos de autoavaliação servem para produzir os indicadores, cuja definição se discutiu na seção 3.3.4 e foram expressos na Figura 3.4 (pág. 59).

Implementou-se uma autoavaliação em uma turma de Matemática Financeira do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no Paraná. Essa turma já carregava uma certa experiência com os conteúdos técnicos. Assim, formulou-se uma sequência de perguntas que gerassem uma discussão sobre os seus próprios conhecimentos, habilidades e atitudes.

Autoavaliação 2

A autoavaliação é formada por uma triade: conhecimento, habilidades e atitudes.

Juntas, elas "formam" o basicamente conhecendo as capacidades de cada postura que o indivíduo assume.

As autoavaliações são preferencialmente pelo elaborado pelo professor.

O artefato em si consiste:

- um ou mais exercícios
- uma tabela contendo os
- um questionário

Pode-se disponibilizar o artefato a quem se quer avaliar a própria autoavaliação "auto-avaliando".

Enunciado da Questão

(1) O Governo do Paraná cobra uma alíquota de 3,5% sobre o valor dos veículos emplacados em seu estado. Em 2017 o dono de um carro recebeu a cobrança de R\$ 442,89 e foram ofertadas duas possibilidades para pagá-lo:

(i) Pagar três parcelas R\$ 147,63 nas datas focais 0, 1 e 2 (ou seja a primeira parcela será paga no mês atual), ou

(ii) Pagar à vista (data focal 0) com 3% de desconto.

Com base nessas informações,

(a) Calcule o valor do carro.

(b) Calcule o valor do imposto com desconto.

(c) Se o dono do carro tivesse o valor do imposto com desconto, valeria a pena colocá-lo em uma aplicação com taxa de juros compostos de 7% a.a. e parcelar o pagamento?

(d) Qual deveria ser o valor a ser depositado na aplicação acima para que seja possível pagar completamente o imposto, sem sobras ou faltas?

(*) Se você considerar o parcelamento como um financiamento, qual a taxa de juro ao mês cobrada?

Questionário de Autoavaliação

Avalie os itens após resolver a questão

Item a

Eu percebi que só precisava dos dados conhecidos no enunciado?

Sim, "de boa" Saiu "suando" "Nem a pau"

Item b

Eu percebi que só precisava dos dados de (a)?

Sim, "de boa" Saiu "suando" "Nem a pau"

Item c

Pensei numa estratégia de resolução que levassem os valores para a mesma data focal, a fim de compará-los?

Lembrei por que jogo os valores para a mesma data focal?

Tive a iniciativa de esboçar um fluxo de caixa?

Percebi que 147,63 corresponde ao valor $442,89 \div 3$?

Achei a taxa mensal equivalente à taxa anual de 7%?

Enunciado da Questão

O Governo do Paraná cobra uma alíquota de 3,5% sobre o valor dos veículos emplacados em seu estado. Em 2017 o dono de um carro recebeu a cobrança de R\$ 442,89 e foram ofertadas duas possibilidades para pagá-lo:

(i) Pagar três parcelas R\$ 147,63 nas datas focais 0, 1 e 2 (ou seja a primeira parcela será paga no mês atual), ou

(ii) Pagar à vista (data focal 0) com 3% de desconto.

Com base nessas informações,

(a) Calcule o valor do carro.

(b) Calcule o valor do imposto com desconto.

(c) Se o dono do carro tivesse o valor do imposto com desconto, valeria a pena colocá-lo em uma aplicação com taxa de juros compostos de 7% a.a. e parcelar o pagamento?

(d) Qual deveria ser o valor a ser depositado na aplicação acima para que seja possível pagar completamente o imposto, sem sobras ou faltas?

(*) Se você considerar o parcelamento como um financiamento, qual a taxa de juro ao mês cobrada?

Item c	Sim, "de boa"	Saiu "suando"	"Nem a pau"
Pensei numa estratégia de resolução que levassem os valores para a mesma data focal, a fim de compará-los?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lembrei por que jogo os valores para a mesma data focal?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tive a iniciativa de esboçar um fluxo de caixa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Percebi que 147,63 corresponde ao valor $442,89 \div 3$?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Achei a taxa mensal equivalente à taxa anual de 7%?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 4.5: Autoavaliação. À esquerda, uma visão geral. À direita acima, a atividade proposta e, mais abaixo, a autoavaliação sobre o pedido do item “c” da questão.

Embora pudesse ter sido feito de um modo mais simples, tendo em vista que não há tal exigência, o artefato foi construído na plataforma Google Classroom®, da qual a

instituição faz uso, como uma de suas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A Figura 4.5 mostra uma visão geral do artefato em sua porção mais à esquerda; do lado direito, uma das atividades propostas e, mais abaixo, a autoavaliação correspondente. Trata-se de um formulário, no qual o aluno marca individualmente a resposta que lhe seja mais adequada e envia.

Conforme mostra a Figura 4.5, o item “c” corresponde à pergunta: “se o dono do carro tivesse o valor do imposto com desconto, valeria a pena colocá-lo em uma aplicação com taxa de juros compostos de 7% a.a. e parcelar o pagamento?” E a autoavaliação desse item corresponde às seguintes perguntas:

1. Pensei numa estratégia de resolução que levassem os valores para a mesma data focal, a fim de compará-los?
2. Lembrei por que jogo os valores para a mesma data focal?
3. Tive a iniciativa de esboçar um fluxo de caixa?
4. Percebi que 147,63 corresponde ao valor $442,89 \div 3$?
5. Achei a taxa mensal equivalente à taxa anual de 7%?

As perguntas feitas em primeira pessoa visam reforçar o aspecto de que o próprio aluno é quem se avalia. Além disso, outro aspecto da linguagem utilizada é que as perguntas são sempre introspectivas. Eximindo-as do cunho técnico constante da resolução do problema em si, o intuito é aguçar a intuição do real aproveitamento da aprendizagem. Uma vez mais, reforçamos a importância do professor saber como o cérebro processa a linguagem.

As respostas devem ser espontâneas e sinceras, tanto quanto possível, justificando-se com isso a linguagem coloquial das alternativas (sim, “de boa”; saiu “suando”; “nem a pau”). Essas características se tornarão carregadas de regionalismos socioculturais, incentivando a espontaneidade, como seria em uma conversa informal com os alunos. Essa abordagem torna a discussão tão simples quanto objetiva, conforme abordado na seção 3.2.

Na Figura 4.6, verifica-se principalmente a baixa adesão. De uma turma de 17 alunos, apenas 6 responderam. Obviamente, esse resultado decorre da própria forma de uso, isto é, esse foi o primeiro contato da turma com essa forma de controle do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, alguns outros aspectos podem ser apontados:

Resultado	Sim, "de boa"	Saiu "suando"	"Nem a pau"
Pensei numa estratégia de resolução que levassem os valores para a mesma data focal, a fim de compará-los?	3	3	0
Lembrei por que jogue os valores para a mesma data focal?	4	2	0
Tive a iniciativa de esboçar um fluxo de caixa?	2	0	4
Percebi que $147,63$ corresponde ao valor $442,89+3$?	4	2	0
Achei a taxa mensal equivalente à taxa anual de 7%?	6	0	0

Fonte: Arquivos pessoais do autor.

Figura 4.6: Resultados da autoavaliação: baixa adesão inicial.

1. Ao se tentar compreender o problema para esboçar uma solução, percebe-se que as perguntas primeira e terceira da autoavaliação estão relacionadas. Dos três que responderam a primeira pergunta com um “sim” (que se refere a pensar numa estratégia de resolução), apenas dois o fizeram esboçando um gráfico (fluxo de caixa). A importância disso reside no fato de que o gráfico esclarece e torna mais perceptível os cálculos que se devem fazer para determinar se valerá a pena.
2. As perguntas segunda e quinta trazem referências à memória de longo prazo. Sabendo-se que os alunos já viram o conteúdo teórico, verifica-se que a maioria se lembrou de utilizar os conceitos de taxa equivalente e de transporte de valores para uma data focal. Uma minoria se defrontou com essa dificuldade de memória. Mas, a todos ficou evidente que é melhor “dar branco” em autoavaliações do que em provas, pelo que tal constatação se mostrou oportuna.
3. A quarta pergunta se refere a um detalhe muito sutil que seria usado no último item do enunciado (marcado com “*”). Devido ao fato de que a maioria respondeu desfavoravelmente, a resposta do último item também não foi das melhores. Ou seja, não perceberam o subterfúgio comercial de esconder o valor presente no pretense desconto à vista.

4.4 Artefato para controle do processo de ensino-aprendizagem

Como as autoavaliações, os artefatos utilizados para controle do processo de ensino-aprendizagem se constituem de indicadores. Eles são construídos a partir de dados obtidos

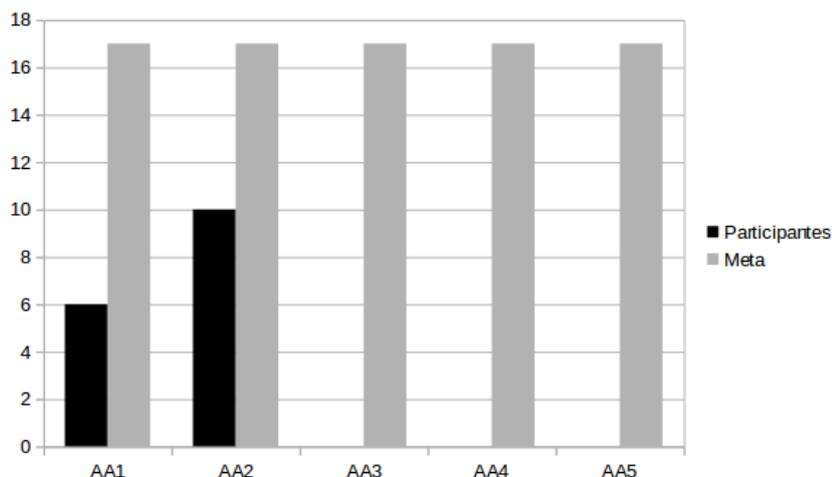


Figura 4.7: Indicador de Participação. Em preto, o resultado das autoavaliações feitas (AA1 e AA2); em cinza, a meta desejada e as próximas autoavaliações planejadas.

da autoavaliação, de maneira que computem algum aspecto a melhorar. As autoavaliações devem, portanto, ajudar a compor indicadores que darão a noção geral do processo de ensino-aprendizagem.

Com relação às autoavaliações realizadas na turma da UEM, um indicador de participação seria de bom tom, visto que os aspectos avaliados estão relativamente bons. Porém, no quesito participação da autoavaliação, verifica-se uma certa passividade, que poderia ser confirmada ou revertida após mais alguns eventos.

A Figura 4.7 mostra um indicador de participação. Vislumbra-se que haverá um total de cinco autoavaliações averiguando a participação e que, no presente momento, estamos abaixo da meta. Naturalmente, é bom seguir com os indicadores estabelecidos até o final do período, pois em geral é preciso manter os bons indicadores e corrigir os ruins. Mas, deve-se considerar o efeito psicológico da realização e deixar exposto os resultados e as metas, pois todos gostam de pertencer a um time que se sai bem.

Com relação à essa aplicação, especificamente, percebeu-se algumas vantagens impactantes para a rotina do professor:

- A possibilidade da autocoordenação das atividades pelos três professores. Combinou-se fazer:
 - uma lista de exercícios – elaborada pelo professor da turma;
 - uma autoavaliação (a cargo deste autor)
 - acesso e formatação para inclusão no Google Scholar (a cargo do orientador)

4.4. ARTEFATO PARA CONTROLE DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM⁹⁷

- A comunicação necessária para elaboração dessas atividades foi feita através de poucos acertos e diálogos, rápidos (menos que dez minutos) e presenciais. Os detalhes foram passados via e-mail ou compartilhados pelo Google Drive da instituição.
- O trabalho foi desenvolvido quase totalmente de um modo descentralizado e assíncrono, isto é, cada professor a seu tempo e lugar trabalhou sobre seus encargos, respeitando-se apenas uma data.
- Nenhum treinamento foi necessário. Embora os professores não tenham sido iniciados na construção de artefatos do modelo, a elaboração do artefato como parte da área de projetos e de uma fase definida em cronograma fez com que tudo corresse como que sobre trilhos.
- A perspectiva dada aos alunos corresponde ao esclarecimento do que se deseja que saibam. Informalmente, a opinião obtida através de entrevista com alguns indivíduos, incluindo o professor da disciplina, foi bastante positiva e otimista.

Não foi possível vislumbrar nenhum empecilho para que o trabalho desse pequeno grupo de professores viesse a explorar fronteiras interdisciplinares. Nesse caso, o desafio englobaria outros aspectos do modelo (Figura 3.4, pág. 59), tais como: a produção de material (área de ensino-aprendizagem), a definição das fases (datas de aulas e conteúdos - as fases) e a construção de indicadores para o controle do processo de ensino.

Realizou-se ainda um outro experimento que permitiu verificar a influência da seleção na efetividade do processo de ensino-aprendizagem. A observação se deu recentemente durante o período de um semestre letivo, com uma turma mista de 24 alunos de uma faculdade privada.

Embora fossem de departamentos diferentes, cursavam a mesma componente curricular: Matemática Financeira. Ou seja, eram alunos que cursavam pela primeira vez a disciplina, todos provinham do mesmo processo seletivo, todos eram do 3º ou 4º semestre dos respectivos cursos. Além disso, as atividades se desenvolveram no período letivo na sequência em que aparecem, o que permite ter uma noção da evolução da turma. O Ciclo de Estudos e a Extraclasse eram optativas e as demais, obrigatórias. Para ambas as turmas, estabeleceu-se uma meta de 66,67% da pontuação máxima atribuída para cada atividade (que consistiu em grande parte de resolução de problemas).

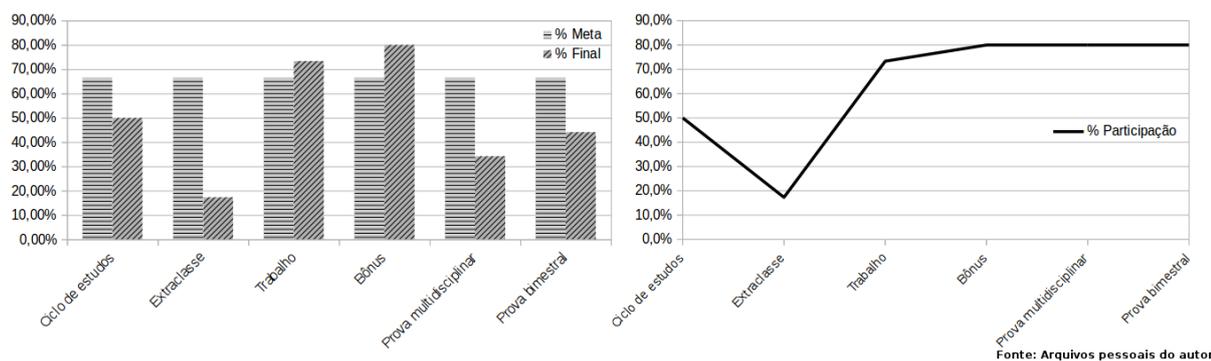


Figura 4.8: Indicadores de desempenho e participação da Turma A (em percentuais). No gráfico da esquerda visualiza-se o desempenho da turma e, à direita, visualiza-se o nível de participação.

Na Figura 4.8, o gráfico de barras mostra que a Turma A se mostrou acima da média nas atividades relacionadas ao Trabalho e ao Bônus. Em termos de participação, o gráfico de linha mostra um declínio nas atividades optativas (Ciclo de Estudos e Extraclasse) e um aumento até um patamar máximo. Convém observar que essa turma teve três desistências em meio ao período.

Já na Turma B (Figura 4.9), o gráfico de barras mostra que possui o mesmo perfil da anterior, permanecendo acima da média nas atividades Trabalho, Bônus e praticamente na meta para a Prova Multidisciplinar. Quanto à participação de seus integrantes, pode-se verificar que a adesão de 100% se deu da entrega do Trabalho em diante.

O aspecto que chamou a atenção foram as provas multidisciplinares (onde constam 4 ou 5 questões, correspondentes às disciplinas cursadas no semestre) e as bimestrais (com 10 questões referentes à Matemática Financeira). Dos 45 pontos máximos da prova multidisciplinar, a Turma A alcançou 15,4 pontos; e dos 90 pontos máximos da prova bimestral, a turma alcançou 39,7 pontos. Já a turma B, fez para a prova multidisciplinar 18,1 pontos, de um total de 27; e 33,15 pontos de um total de 54 pontos.

Para fins comparativos, considerou-se uma meta de $\frac{2}{3}$ ou cerca de 66,67% da pontuação máxima para ambas as turmas. Essa comparação mostrou uma discrepância muito grande, se considerarmos que ambas as turmas cursaram a disciplina em idênticas condições. Enquanto uma turma atinge satisfatoriamente os propósitos da verificação da aprendizagem, a outra, no pior caso, não atinge sequer a metade do quantificador.

Examinando-se alguns casos isolados, verificou-se que as maiores defasagens cognitivas (competências, habilidades e atitudes) estavam de fato concentradas na turma A. Ocorre que, tradicional e particularmente nessa instituição, os alunos da turma B tem um perfil

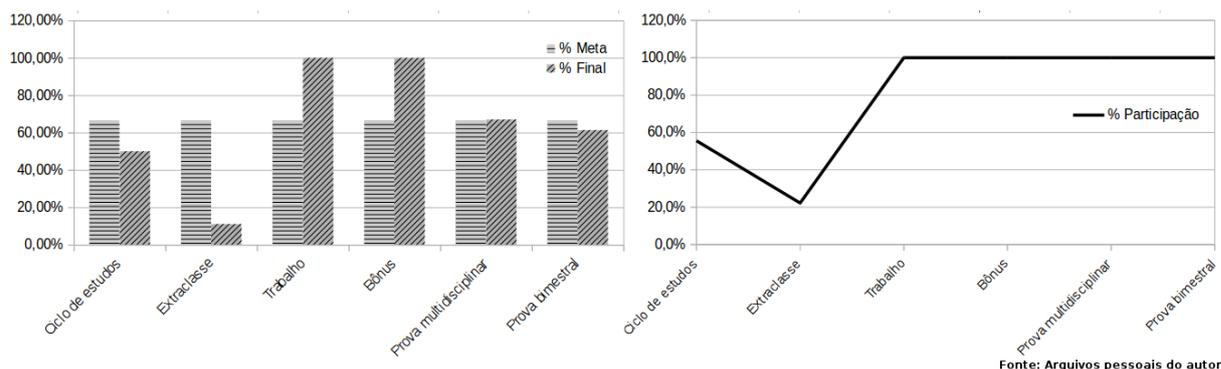


Figura 4.9: Indicadores de desempenho e participação da Turma B (em percentuais). No gráfico da esquerda visualiza-se o desempenho da turma e, à direita, visualiza-se o nível de participação.

mais vocacionado à área de Exatas, o que não ocorre com a turma A. Desse fato e da análise das disciplinas anteriores, que não pressupunham nenhum resgate das habilidades necessárias, concluiu-se que o processo seletivo foi falho, se é que houve.

Além disso, embora não se possa divulgar a avaliação do professor, é digno de nota que para a turma A, o professor faria jus a uma festejada crucificação, enquanto paradoxalmente, para muitos alunos da turma B, foi a melhor experiência com Matemática que já tiveram na vida.

Há dois aspectos que se deseja discutir com o experimento: uma questão relacionada à seleção e a “quem-avalia-o-quê”.

Para essa turma, pode-se dizer que atuei como um treinador de maratonistas para a São Silvestre. Fizem toda uma propaganda em torno da participação, enquanto valor maior dessa empreitada, de tal modo que convencem todos a participar. No entanto, já participando, qual não foi a surpresa dos sedentários, dos incapacitados e dos que “apenas-foram-ver” quando o treinador lhes deu um treino de tirar “sangue-suor-e-lágrimas”?

Essa situação revelou um aspecto desconcertante: a seleção. Mesmo que se insista em avaliar recursos humanos dentro de sala, a seleção entra como pressuposto nessa avaliação. Essa pressuposição decorre do fato de que o desempenho será quantificado por instrumentos padronizados para medir competências¹.

Portanto, uma avaliação de recursos humanos e a subsequente seleção deveriam ser feitas antes da sala de aula – isso não cabe ao professor; é uma boa deixa para a alçada

¹Competências, por sua vez, podem ser definidas como a integração de: conhecimentos, habilidades e atitudes. Essa tríade pode ser mensurada e é conhecida em gestão de recursos humanos pelo famoso acrônimo CHA.

de Coordenadores e Diretores. Por isso, não havendo seleção, essa padronização em sala conduz a uma resposta distorcida, podendo demonstrar notas perfeitas para seletos alunos e notas horripilantes para os desafortunados.

Mas, administrar aulas sob condições “problemáticas” revelou mais. Ao analisar o caso, observou-se que há duas perspectivas no processo de ensino-aprendizagem – a do aluno e a do professor. Por isso mesmo, cria-se uma nuance bastante importante e sutil: deixa-se de avaliar o processo e passa-se a julgar um ao outro.

Mal comparando, pois compreende-se que o processo de ensino é diferente, o professor deveria ter a postura de um gerente, que planeja os processos de produção, incluindo procedimentos e máquinas. Esse planejamento é alinhado com os objetivos estratégicos, determinados pela direção. Uma vez estabelecidos tais processos, dele participam os funcionários da linha de montagem, os colaboradores, que seriam os alunos.

A sutileza a que nos referimos ocorre quando o professor passa ou é obrigado a se concentrar na avaliação dos alunos, desviando-se para o papel da gestão de recursos humanos, quando deveria se ocupar da gestão dos processos de ensino. Por outro lado, a mesma sutileza também ocorre quando os alunos começam a lamentar a penúria de sua condição ou ficam questionando a finalidade das aulas, dos conteúdos, ou mesmo tecendo críticas não construtivas. Ao invés de trabalhar com o que tem à disposição, todos passam a julgar um ao outro, tanto em termos de princípios, quanto de atitudes.

O que se verificou é que as discrepâncias causadas pelos contextos mencionados acima é tanto maior, quanto mais falha for a seleção. Desse modo, a necessidade de atendimento especial aos alunos parece ser inversamente proporcional à efetividade da seleção. Com isso, não se deseja discriminar ou excluir, mas é imprescindível que o plano pedagógico e a gestão educacional tenham alguma previsão do método que deverá ser utilizado pelo professor.

Capítulo 5

Conclusões e encaminhamentos

Em muitas realidades, a mera inserção de atividades na cronograma escolar tem se mostrado como único caminho para inserir novidades no currículo.

À medida que o volume de atividades não docentes se avolumam e o tempo passa a ter priorizações, o professor se vê assoberbado diante de uma agenda extremamente comprometida. Para agravar, a quantidade de atividades parece exigir mais tarefa de ocupar o dia a dia dos alunos do que lhes dar subsídio para refletir ou aprender.

Diante de tantas dificuldades, há inúmeras propostas de ensino, elaboradas aos borbotões nos programas de pós-graduação. O Programa Nacional de Mestrado Profissional em Matemática, PROFMAT, também é um dos que contribuem, como se mostrou, com uma grande quantidade de pesquisas relacionadas à Educação Matemática.

Visando fazer uso de métodos que já estão produzidos e, em certa medida testados, o presente trabalho buscou contribuir apresentando inúmeras adaptações e integrações, que podem ser levadas a cabo para estruturar um modelo multirreferencial.

A visão de formatar alguma solução para implantar inúmeros métodos inovadores levou à busca de um modelo impregnado de uma linguagem pictoricamente estruturada, no sentido de sugerir dinâmicas e relacionamentos do modelo através de figuras. Além disso, ao fazer uma mescla entre as evidências apontadas por diversas ciências, os experimentos feitos ao longo do tempo e os resultados obtidos, a pesquisa permitiu revelar possibilidades muito promissoras da abordagem multirreferencial.

Os estudos de caso realizados permitiram aplicar partes sensíveis do modelo multirreferencial proposto, como as autoavaliações e a construção dos artefatos, objetos de aprendizagem utilizados pelo professor. Com os resultados da implementação, ratificou-

se a impressão de que há uma grande viabilidade de aderir ao modelo, após um período relativamente curto de adaptação, que tende a quase nada.

O estudo da Neurociência Cognitiva permitiu uma atuação mais racional, focada na linguagem natural. Talvez, pode-se mesmo pensar em uma mudança de paradigma, na medida em que se viu fortemente aconselhável usar uma linguagem coloquial e informal, como meio de introdução e formalização dos conceitos da Matemática. No entanto, verificou-se que a utilização rotineira de facilidades, sem grandes desafios ou com desafios intransponíveis, fazem com que se perca uma atitude mais ativa por parte dos alunos.

Os resultados mostraram que uma seleção mais bem feita, pode trazer benefícios reais aos discentes e à instituição, na medida em que ainda não é possível mediar cada aluno de modo personalizado.

Nesse sentido, da experiência com turmas extremamente heterogêneas, pode-se sumarizar algumas conclusões da seguinte forma:

- As turmas não se mostraram aderentes às atividades não obrigatórias (Ciclo de Estudos e da Extraclasse).
- Com relação às atividades obrigatórias e à participação, ambas as turmas apresentam o mesmo padrão tanto de desempenho quanto de participação. Ou seja, engajam-se somente se houver contrapartida em nota.
- Como não houve seleção, as avaliações que visaram a quantificar a qualidade dos serviços desenvolvidos ou o desempenho das pessoas dentro do processo de ensino-aprendizagem se mostraram extremamente deturpadas, senão inúteis.
- Necessidade de atendimento personalizado é inversamente proporcional à efetividade da seleção.
- Paradoxalmente, a avaliação do processo em si, mostrou-se bastante satisfatório, tendo em vista a adesão total dos alunos.
- Comparando-se a discrepância vista nos resultados das provas, verificou-se que os alunos que tiraram maiores notas possuem uma postura de valorização do esforço próprio. Por outro lado, os que tiraram notas menores, possuem uma visão mais hedonista, na qual o esforço nos estudos é uma tolice.

- Usando-se os dados coletados através dos artefatos, formou-se indicadores que permitem uma análise muito mais profunda, principalmente, da perspectiva do próprio professor.
- Vislumbrou-se que o modelo multirreferencial permitiria compartilhar as melhores práticas dentro e fora de um grupo de professores, pois a vivência de uns e a análise de todos permitem forma um *feedback* que reestrutura o próprio modelo e seus artefatos.

Ao implementar partes do modelo, revelou-se mais clara a noção de que a passagem de uma fase individual para a grupal é uma necessidade quase inerente ao modelo. Em uma fase inicial e individual, em que se volta para atividades de adaptação dos materiais, pode-se não perceber um grande aumento no volume de trabalho. Justamente, essa característica facilita a adaptação.

Porém, nota-se que a passagem para uma fase grupal, decorre do fato de que há mais inter-relacionamentos profissionais, mais necessidade de planejamento (organização e coordenação) das atividades, bem como dos respectivos controles, que demandam muito tempo.

Nesse ponto, o professor sente a necessidade de que mais pessoas se envolvam. Embora possa se abster no início, é comum, porém, que passe a depender mais dos computadores, na medida em que precisa automatizar seu controle do processo de ensino-aprendizagem. É o que ocorreu na Seção 4.3, quando se usou ferramentas como o Google Classroom.

Aliás, com a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), verificou-se que os artefatos do modelo multirreferencial podem ser construídos de uma forma bastante transparente em diversas plataformas, desde programas *office*, de desenhos vetoriais até os componentes distribuídos em nuvem, como o Google Classroom®.

A partir desse ponto, listou-se a seguir alguns encaminhamentos futuros na forma de indagações:

- É preciso ajustar o modelo na fase de adaptação. No trabalho em grupo, algumas ferramentas colaborativas seriam bem-vindas. Como se produziriam tais ajustes?
- Como criar uma plataforma em nuvem que correspondesse ao modelo multirreferencial?

- No caso de uma plataforma multirreferencial, haveria possibilidade de integração com o padrão X-API (Advanced Distributed Learning) ou outro padrão computacional?
- Como se daria a transposição de recursos didáticos existentes para a versão gamificada?
- Experimentação do modelo multirreferencial integrado ao currículo.
- Estudo de caso de uso do modelo por um período letivo completo.
- Estudo de caso de professores trabalhando inter, multi e transdisciplinaridade com o modelo multirreferencial.
- Desenvolvimento de recursos online para consulta, divulgação e expansão do modelo multirreferencial.

Bibliografia

- Alves, Flora (2016). *Design de aprendizagem com uso de canvas*. 1ª ed. DVS Editora.
- Alves, Laura Maria Silva Araújo (2015). *Psicologia da Aprendizagem*. Apostila da disciplina. EditAedi-UFPA.
- Alves, Lynn Rosalina Gama, Marcelle Rose da Silva Minho e Marcelo Vera Cruz Diniz (2014). “Gamificação: diálogos com a educação”. Em: *Gamificação na educação*. Pimenta Cultural. Cap. 3, pp. 74–97.
- Anastasiou, Léa das Graças Camargos e Leonir Pessate Alves (2003). *Processos de ensinagem na univerdade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula*. Univille.
- Anderson, John R. (2015). *Cognitive Psychology and Its Implications*. 8ª ed. worth Publishers. ISBN: 9781464148910.
- Ardoino, Jacques (1995). *Multiréférentielle (analyse)*. In: *Ardoino, J. Le directeur et l'intelligence de l'organisation*. notes de lecture.
- Ardoino, Jacques (1998). *Abordagem Multirreferencial (plural) das situações educativas e formativas*. In: *BARBOSA, Joaquim (Coord.). Multirreferencialidade nas ciências e na educação*. Trad. Rosângela B. de Camargo.
- Bock, A. M. B., O. Furtado e M. L. T. Teixeira (2001). *Psicologias – uma introdução ao estudo de Psicologia*. 13ª ed. Editora Saraiva Ltda. ISBN: 8502029002.
- Bonatto, Bruna Mayara e Graciete Tozetto Góes (2016). “LUCKESI, Cipriano Carlos. Sobre notas escolares: distorções e possibilidades. São Paulo: Cortez, 2014. 120 p.” Em: *Práxis Educativa* 11.3, pp. 855–860. ISSN: 1809-4309. DOI: 10.5212/PraxEduc.v.11i3.0019. URL: www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/download/8887/5220.
- Chomsky, Noam (1959). “A Review of B. F. Skinner’s Verbal Behavior”. Em: *Language* 35.1, pp. 26–58. ISSN: 00978507, 15350665. DOI: 10.2307/411334. URL: <http://www.jstor.org/stable/411334>.

- D’Agnoluzzo, Elisa Amaral de Macedo Molli (2007). “Critérios e instrumentos avaliati-
vos - reflexo de uma aprendizagem significativa”. Em: *Cadernos PDE 2*. URL: www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/142-4.pdf.
- D’Ambrosio, Ubiratan (2012). *Educação Matemática – Da teoria à prática*. 23ª ed. São Paulo: Papyrus.
- Fagundes, Norma Carapiá e Teresinha Fróes Burnham (2001). “Transdisciplinaridade, Multirreferencialidade e Currículo”. Em: *Revista da FAGED* 05, pp. 39–55. URL: <http://www.repositorio.ufba.br:8080/ri/bitstream/ri/1386/1/2013.pdf>.
- Falconi, Vicente (2004). *Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia*. 8ª ed. INDG Tecnologia e Serviços Ltda.
- Finger, Stanley (2001). *Origins of Neuroscience: a History of Explorations into Brain Function*. 1ª ed. Oxford USA POD.
- Fonseca, J. J. S. (2002). *Metodologia da pesquisa científica*. Apostila.
- Gerhardt, Tatiana Engel e Denise Tolfo Silveira (2009). *Metodologia da pesquisa*. Editora da UFRGS.
- Gouveia Jr, A. (1999). “O conceito de modelo e sua utilização nas ciências do comporta-
mento: breves notas introdutórias”. Em: *Revista Estudos de Psicologia* 16.1, pp. 13–16.
URL: <http://www.scielo.br/pdf/estpsi/v16n1/02.pdf>.
- Japiassu, H. e D. Marcondes (1989). *Pequeno dicionário de filosofia*. Jorge Zahar Ed.
- Kandel, E. R., J. H. Schwartz, T. M. Jessell, S. A. Siegelbaum e A. J. Hudspeth (2014). *Princípios de neurociências*. 5ª ed. McGraw Hill.
- Lefevre, Fernando e Ana Maria Cavalcanti Lefevre (2006). “O sujeito coletivo que fala”.
Em: *Interface - comunicação, saúde, educação* 10.20, pp. 517–524.
- Libâneo, José Carlos (1994). *Didática*. 2ª ed. Cortez.
- Luckesi, Carlos Cipriano (2014). *Sobre notas escolares: distorções e possibilidades*. Cortez Editora.
- Macedo, R. S., J. G. Barbosa e S. Borba (2012). *Jacques Ardoino & a Educação*. Autêntica Editora Ltda. ISBN: 9788582170564.
- Martins, João Batista (2004). “Contribuições epistemológicas da abordagem multirrefe-
rencial para a compreensão dos fenômenos educacionais”. Em: *Revista Brasileira de Educação* 26, pp. 85–94. URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n26/n26a06.pdf>.

- Melhem, André (2002). “Modelos de avaliação escolar utilizados em sala de aula - uma análise nos cursos de Administração na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e de uma faculdade particular: insumos para o aperfeiçoamento da gestão educacional”. Diss. de mestrado. FGV.
- Menezes, André Luis dos Santos, Carla Di Gregório e Daniele Gonçalves de Paula (2013). “Avaliação diagnóstica e grupos de estudos: uma das etapas da aprendizagem matemática”. Em: VI Congresso Internacional de Ensino da Matemática. ULBRA. URL: <http://www.conferencias.ulbra.br/index.php/ciem/vi/paper/viewFile/846/496>.
- Moretto, Vasco Pedro (2001). *Prova: um momento privilegiado de estudo - não um acerto de contas*. DP&A.
- Morin, Edgar (2003). *Ciência com consciência*. Bertrand Brasil.
- NPD (2015). “New Report from The NPD Group Provides In-Depth View of Brazil’s Gaming Population”. Em: URL: <https://www.npd.com/wps/portal/npd/us/news/press-releases/2015/new-report-from-the-npd-group-provides-in-depth-view-of-brazils-gaming-population/>.
- Osborne, M. J. (2003). *An Introduction to Game Theory*. 1ª ed. Oxford University Press.
- Osterwalder, Alex, Yves Pigneur, Greg Bernarda e Alan Smith (2014). *Value Proposition Design*. HSM do Brasil SA.
- O’Muircheartaigh, Jonathan, Douglas C. Dean III, Holly Dirks, Nicole Waskiewicz, Katie Lehman, Beth A. Jerskey e Sean C.L. Deoni (2013). “Interactions between White Matter Asymmetry and Language during Neurodevelopment”. Em: *The Journal of Neuroscience* 33.41, pp. 16170–16177. ISSN: 0270-6474. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1463-13.2013>. URL: <http://www.jneurosci.org/content/33/41/16170/tab-article-info>.
- Pólya, George (1973). *How to solve it – a new aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.
- Raths, L.E., A. Jonas, A.M. Rothstein e S. Wassermann (1977). *Ensinar a pensar: teoria e aplicação*. 2ª ed. EPU.
- Rosselli, Mônica, Esmeralda Matute e Alfredo Ardilla (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. El Manual Moderno.

- Santos, Juliano dos e Karina Cardoso Meira (2010). *Operações de Pensamento e Estratégias de Ensino: relações e complexidade como uma alternativa para tomada de decisão na dinâmica dos processos de ensino-aprendizagem*. Comunicação técnica em Seminário.
- Sartini, B. A., H. J. Garbugio G. and Bortolossi, P. A. Santos e L. S. Barreto (2004). “Uma Introdução a Teoria dos Jogos. In: II Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática - SBM”. Em: ed. por Universidade Federal da Bahia. URL: <https://www.ime.usp.br/~rvicente/IntroTeoriaDosJogos.pdf> (acesso em 03/08/2016).
- Saviani, Dermeval (2009). *Sistema de educação: subsídios para a Conferência Nacional de Educação*. Acessado em: 03 Fev. 2017. URL: http://conae.mec.gov.br/images/stories/pdf/conae_dermevalsaviani.pdf.
- Schouery, R. C. S., O. Lee, F. K. Miyazawa e E. C. Xavier (2015). “Tópicos da Teoria dos Jogos em Computação. In: 30º Colóquio Brasileiro de Matemática”. Em: ed. por IMPA. URL: http://www.impa.br/opencms/pt/biblioteca/cbm/30CBM/30CBM_13.pdf (acesso em 02/11/2016).
- Schwartz, J. (1992). *O momento criativo: mito e alienação na ciência moderna*. Círculo do Livro.
- Sharot, T., E. A. Martorella, M. R. Delgado e E. A. Phelps (2007). “How personal experience modulates the neural circuitry of memories of September 11”. Em: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 389–394.
- Soares, Camila M. Machado e Elisabette Leo (2014). “Impacto da olimpíada brasileira para escolas públicas no desempenho em matemática na prova Brasil, ENEM e PISA”. Em: URL: <http://www.obmep.org.br/estudos.htm>.
- Stewart, J., A.C. Moretti e A.C.G. Martins (2009). *Cálculo*. v. 1. Cengage Learning. ISBN: 9788522106608. URL: <https://books.google.com.br/books?id=yL-APwAACAAJ>.
- Timing Is Everything* (2014). Acessado em: 03 Jan. 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=039FfrLy854>.
- Waquil, Marcia P. (2008). “Princípios da pesquisa científica em ambientes virtuais de aprendizagem: um olhar fundamentado no paradigma do pensamento complexo”. Tese de doutorado. UFRGS.
- Xu, Jiang, Patrick J. Gannon, Karen Emmorey, Jason F. Smith e Allen R. Braun (2009). “Symbolic gestures and spoken language are processed by a common neural system”.

Em: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106.49, pp. 20664–20669. DOI: 10.1073/pnas.0909197106. URL: <http://www.pnas.org/content/106/49/20664.full>.