

Computação

A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E AS MÁQUINAS
DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA FORMAÇÃO INICIAL
DE PROFESSORES DE COMPUTAÇÃO
(PRÁTICA DE ENSINO EM COMPUTAÇÃO II)

Ingrid Aline de Carvalho Ferrasa



UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL

UAB

EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA



EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

LICENCIATURA EM

Computação

A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E AS MÁQUINAS
DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES DE COMPUTAÇÃO
(PRÁTICA DE ENSINO DE COMPUTAÇÃO II)

Ingrid Aline de Carvalho Ferrasa



PONTA GROSSA / PARANÁ
2018

CRÉDITOS



Os materiais produzidos para os cursos ofertados pelo NUTEAD/UEPG para o Sistema Universidade Aberta do Brasil - UAB são licenciados nos termos da Licença Creative Commons - Atribuição - Não Comercial- Compartilhada, podendo a obra ser remixada, adaptada e servir para criação de obras derivadas, desde que com fins não comerciais, que seja atribuído crédito ao autor e que as obras derivadas sejam licenciadas sob a mesma licença.

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Carlos Luciano Sant'ana Vargas

Reitor

Gisele Alves de Sá Quimelli

Vice - Reitor

Pró-Reitoria de Assuntos Administrativos

Amaury dos Martyres - Pró-Reitor

Pró-Reitoria de Graduação

Miguel Archanjo de Freitas Junior - Pró-Reitor

Núcleo de Tecnologia e Educação Aberta e a Distância

Eliane de Fátima Rauski - Coordenadora Geral

Sistema Universidade Aberta do Brasil

Eliane de Fátima Rauski - Coordenadora Geral

Marcelo Ferrasa - Coordenador de Curso

Colaboradores em EAD

Dênia Falcão de Bittencourt

Cláudia Cristina Muller

Projeto Gráfico

Eloise Guenther

Colaboradores de Publicação

Denise Galdino - Revisão

Eloise Guenther - Diagramação

Todos direitos reservados ao Ministério da Educação

Sistema Universidade Aberta do Brasil

Ficha catalográfica elaborada por Maria Luzia F. Bertholino dos Santos – CRB9/986

F378t

Ferrasa, Ingrid Aline de Carvalho

A transposição didática e as máquinas de ensino-aprendizagem na formação inicial de professores de computação (Prática de Ensino de Computação II)./ Ingrid Aline de Carvalho Ferrasa. Ponta Grossa : UEPG/ NUTEAD, 2018.

109 p. ; il.

Curso de Licenciatura em Computação. Universidade Estadual de Ponta Grossa.

1.Computação - ensino. 2.Transposição didática. 3. Formação docente. 4. Prática de ensino. I. T.

CDD : 370.71

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Núcleo de Tecnologia e Educação Aberta e a Distância - NUTEAD
Av. Gal. Carlos Cavalcanti, 4748 - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR
Tel.: (42) 3220-3163
www.nutead.org
2018

APRESENTAÇÃO INSTITUCIONAL

A Universidade Estadual de Ponta Grossa é uma instituição de ensino superior estadual, democrática, pública e gratuita, que tem por missão responder aos desafios contemporâneos, articulando o global com o local, a qualidade científica e tecnológica com a qualidade social e cumprindo, assim, o seu compromisso com a produção e difusão do conhecimento, com a educação dos cidadãos e com o progresso da coletividade.

No contexto do ensino superior brasileiro, a UEPG se destaca tanto nas atividades de ensino, como na pesquisa e na extensão. Seus cursos de graduação presenciais primam pela qualidade, como comprovam os resultados do ENADE, exame nacional que avalia o desempenho dos acadêmicos e a situa entre as melhores instituições do país.

A trajetória de sucesso, iniciada há mais de 40 anos, permitiu que a UEPG se aventurasse também na educação a distância, modalidade implantada na instituição no ano de 2000 e que, crescendo rapidamente, vem conquistando uma posição de destaque no cenário nacional.

Atualmente, a UEPG é parceira do MEC/CAPES/FNDE na execução dos programas de Pró-Licenciatura e do Sistema Universidade Aberta do Brasil e atua em 40 polos de apoio presencial, ofertando, diversos cursos de graduação, extensão e pós-graduação a distância nos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo.

Desse modo, a UEPG se coloca numa posição de vanguarda, assumindo uma proposta educacional democratizante e qualitativamente diferenciada e se afirmando definitivamente no domínio e disseminação das tecnologias da informação e da comunicação.

Os nossos cursos e programas a distância apresentam a mesma carga horária e o mesmo currículo dos cursos presenciais, mas se utilizam de metodologias, mídias e materiais próprios da EaD que, além de serem mais flexíveis e facilitarem o aprendizado, permitem constante interação entre alunos, tutores, professores e coordenação.

Esperamos que você aproveite todos os recursos que oferecemos para promover a sua aprendizagem e que tenha muito sucesso no curso que está realizando.

A Coordenação

SUMÁRIO

■ PALAVRAS DOS PROFESSORES	7
■ OBJETIVOS E EMENTA	9

A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA NA PRÁTICA DE ENSINO: ALGUMAS ABORDAGENS 11

■ SEÇÃO 1- INTRODUÇÃO	13
■ SEÇÃO 2- A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: ALGUNS PRESSUPOSTOS CIENTÍFICO- EDUCACIONAIS	16
■ SEÇÃO 3- A PRÁTICA DE ENSINO NA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: PRESSUPOSTOS PARA O TRABALHO EM COMPUTAÇÃO	28
■ SEÇÃO 3.1- HISTÓRICO E A EVOLUÇÃO DOS COMPUTADORES COMO EXEMPLO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	28
■ SEÇÃO 3.2- NÚMEROS BINÁRIOS COMO EXEMPLO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA EM ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES	48
■ SEÇÃO 3.2.1- COMPREENDENDO OS NÚMEROS BINÁRIOS SEM O USO DO COMPUTADOR	58
■ SEÇÃO 4- A PRÁTICA DE ENSINO NA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: PRESSUPOSTOS PARA O TRABALHO EM ELETRÔNICA	64
■ SEÇÃO 4.1- A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE CIRCUITOS INTEGRADOS DO TIPO CMOS UTILIZANDO MÓDULOS STANDARD CELLS	68

As MÁQUINAS DE ENSINAR NA PRÁTICA DE ENSINO: ALGUNS PRESSUPOSTOS 79

■ SEÇÃO 1- INTRODUÇÃO	81
■ SEÇÃO 2- ALGUMAS PALAVRAS SOBRE BURRHUS FREDERIC SKINNER	82
■ SEÇÃO 3- COMPREENDENDO O BEHAVIORISMO DE SKINNER	86
■ SEÇÃO 4- O CONTEXTO DAS MÁQUINAS DE ENSINAR	91
■ SEÇÃO 5- A MÁQUINA DE ENSINAR SKINNER - A INSTRUÇÃO PROGRAMADA	94
■ SEÇÃO 6- O COMPUTADOR COMO RECURSO DIFERENCIAL NA ABORDAGEM PEDAGÓGICA	96
■ PALAVRAS FINAIS	101
■ REFERÊNCIAS	103
■ NOTAS SOBRE A AUTORA	107

PALAVRAS DA PROFESSORA

Caro (a) aluno (a)!

Este material inicialmente proposto está organizado de maneira sistêmica em duas grandes vertentes do processo ensinar/aprender dentro do contexto das práticas educacionais para o ensino de computação. Uma delas está direcionada ao saber (conhecimento) e a outra, se aplica ao instrumento (máquina) utilizado *a priori* para facilitar e/ou dinamizar a aquisição/compreensão de um saber.

No tocante ao conhecimento, as implicações envolvidas entre esse saber descoberto pela comunidade científica, sua sistematização em referenciais e currículos, e ainda, como ocorre a sistematização destes em espaços de educação formal e não-formal, contempla os estudos de Yves Chevallard, educador francês da didática da Matemática, dos quais são discutidos neste livro. Em relação ao instrumento utilizado dentro dessa dinâmica da aquisição de conhecimentos, o psicólogo estadunidense Burrhus Skinner organiza concepções de cunho científico-educacionais voltadas as 'máquinas de ensinar', apresentando uma tendência vantajosa, dentre muitos métodos de ensino, para levar o estudante a compreender um conhecimento.

Analisar e utilizar uma máquina de maneira inteligente na Educação está em efetivar de fato, um processo que envolve o ensino e a aprendizagem como vertentes indissociáveis e como um processo. Levar em conta o contexto pedagógico como um todo será fundamental para suas escolhas, bem como para a construção de sua prática educativa no trato com o conhecimento.

Você, futuro professor de computação, durante esta disciplina de Prática de Ensino II, deve estar engajado na construção de sua própria identidade de professor. Na disciplina você será levado a compreender de que maneira um saber se torna ensinável e também quais as relações envolvidas no ato de utilizar instrumentos que efetivem o processo de ensino-aprendizagem. Nessa fase é importante que você perceba,

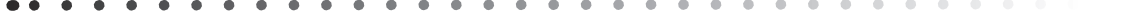
compreenda e se posicione de maneira crítica e reflexiva frente aos conhecimentos científicos-educacionais da área do Ensino e como esses podem contribuir de maneira efetiva para a construção de suas próprias estratégias de ensino-aprendizagem para a Computação.

Sempre que necessário consulte este livro. Mas lembre-se: as relações aqui apresentadas e discutidas não estão esgotadas e você será o agente principal da área do ensino da computação em propor novas frentes de estudos e de conhecimentos científico-educacionais nessa vertente.

Desejo a você, bons estudos!



OBJETIVOS E EMENTA



OBJETIVOS

Objetivo geral:

- Proporcionar a compreensão da transposição didática e suas implicações ao processo ensinar/aprender.
- Compreender a utilização das máquinas no processo ensino-aprendizagem de maneira efetiva.

Objetivos específicos:

- Conhecer o contexto da transposição didática para o ensino e a aprendizagem dos estudantes.
- Estimular a efetivação da transposição didática no contexto educacional pelo professor.
- Identificar o potencial das 'máquinas' no processo ensino-aprendizagem para uma transformação pedagógica.
- Construir novas práticas de ensino sob o enfoque da transposição didática com a utilização das máquinas de ensino-aprendizagem.

EMENTA

A Transposição Didática: saber sábio, saber a ensinar e saber ensinado; Exemplos de Transposição Didática aplicados a Prática de Ensino de Computação: Histórico e a Evolução dos Computadores; Números Binários e Circuitos Integrados. As Máquinas de ensinar; e O uso Inteligente do Computador na Educação formal e não-formal.



A Transposição Didática na Prática de Ensino: algumas abordagens

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Introduzir e contextualizar a prática de ensino de Computação pela Transposição Didática, definindo-a e sistematizando-a de acordo com a comunidade científica da área educacional.
- Compreender alguns contextos práticos quanto a Transposição Didática na educação básica

ROTEIRO DE ESTUDOS

- SEÇÃO 1 – Introdução
- SEÇÃO 2 – A Transposição Didática: alguns pressupostos científicos-educacionais
- SEÇÃO 3 - A Prática de Ensino na Transposição Didática: pressupostos para o trabalho em Computação
 - SEÇÃO 3.1 - Histórico e a Evolução dos Computadores como exemplo de Transposição Didática
 - SEÇÃO 3.2 - Números Binários como exemplo de transposição didática em Arquitetura e Organização de Computadores
 - SEÇÃO 3.2.1 – Compreendendo os números binários sem o uso do computador
- SEÇÃO 4 – A Prática de Ensino na Transposição Didática: pressupostos para o trabalho em Eletrônica
 - SEÇÃO 4.1 - A transposição didática de circuitos integrados do tipo CMOS utilizando Módulos Standard Cells

PARA INÍCIO DE CONVERSA

Caro (a) aluno (a),

Nesta unidade, você sistematizará seus conhecimentos da Computação implicados ao Ensino. Para isso, o conceito de Transposição Didática do francês Yves Chevallard será apresentado no intuito de dar a conhecer como o *saber sábio*, aquele produzido pela academia, sofre transformações para se concretizar em livros – chamado de *saber a ensinar*, e ainda, como você, o agente principal dentro dessa esfera, pode articular seus conhecimentos de maneira a propor novas transformações adaptativas até que chegue a um *saber ensinado*, estreitando sua relação entre saber (conhecimento) e o estudante.

Neste aspecto são apresentados, nessa unidade, alguns exemplos práticos em algumas áreas do conhecimento, permitindo a você conhecer e compreender como a formação docente é o primeiro passo para se compreender como o saber (conhecimento) deve ser trabalhado no contexto escolar. Que você, durante o estudo cuidadoso deste material, passe a construir seus pressupostos teóricos e práticos, agregando elementos significativos que contribuam para sua prática docente.

Bons estudos!

SEÇÃO 1

INTRODUÇÃO

Como um reflexo do crescimento da indústria e também o vai e vem da economia de um país, a disseminação da computação ocorre de maneira acelerada. Muito restrita há alguns anos aos grandes centros que conduzem a sociedade, passa a ocupar o cotidiano das pessoas. Computadores pessoais, equipamentos microprocessados: softwares, modems eletrônicos, smartphones, dentre outros ocupam cada vez mais espaço em tarefas e ações, antes restritas somente a um trabalho árduo e de grande complexidade.

Os dispositivos elétricos e eletrônicos estão inseridos em situações simples do cotidiano. O fato de uma pessoa pagar a passagem do transporte coletivo com um cartão de bilhetagem eletrônica, por exemplo, envolve inúmeros conhecimentos científicos, além apenas do dispositivo que funciona de maneira a agilizar e garantir ao usuário o transporte. Como também, uma pessoa que utiliza seu computador pessoal em casa para organizar uma planilha com seus débitos e créditos, organizando sua vida orçamentária.

Em especial, os computadores e os sistemas de computação como um todo, exercem papéis de relevância na sociedade. Os dispositivos eletrônicos, por exemplo, incorporam um sistema de computação presentes em smartphones, eletrodomésticos, equipamentos na área da saúde, comunicação, dentre outros.

Os avanços na computação e na tecnologia dos computadores vêm modificando as características da sociedade, apresentando uma dependência muito conectada aos sistemas de computação.

O computador, como uma máquina, é formado por um número elevado de componentes eletromecânicos, eletrônicos e elétricos (dispositivos de hardware) dos quais podem processar inúmeras operações lógicas, aritméticas e matemáticas. Já os programas de computador (os softwares) utilizam de diferentes linguagens de programação para resolver determinados problemas. Juntos, hardware e software estão a serviço no cotidiano das pessoas.

Segundo Tanenbaum & Austin (2007) em 1930 na Alemanha, já se utilizava dispositivos eletromecânicos para efetuar cálculos. Apenas a utilização de dispositivos, isto é, para a sua operacionalização não é necessário que o usuário compreenda de maneira efetiva como ocorre a estrutura da organização desses dispositivos, uma vez que estão na figura de usuários dos mesmos. Contudo, o profissional da área da computação é aquele que possui o conhecimento mais elaborado sobre como os dispositivos são criados, organizados e seu funcionamento.

Munido destes conhecimentos, o profissional da área da computação é apto para dimensionar os sistemas de computação, no desenvolvimento e implementação de programas eficientes. E, para um profissional que sua especificidade seja a área educacional, qual será seus atributos para desenvolver e implantar programas de computador eficientes? De que maneira esse profissional pode fazer bom usos dos recursos computacionais? Como, o que e para quê ensinar/aprender computação? Qual a contribuição direta do desempenho, da confiabilidade e da segurança de um software de ensino-aprendizagem significativo? Tais perguntas e outras mais que são discutidas no decorrer deste material, problematizam o 'estado da arte' de um professor de computação. Este profissional deixa de se limitar apenas à área de software ou de hardware, mas transita entre toda e qualquer área na qual a computação está presente.

Avançar nas áreas do conhecimento atribui ao futuro professor de computação ter em vista as possibilidades e as limitações dos sistemas de computação. Articular a complexidade do processo ensinar/aprender em uma abordagem conhecida por generalista vem norteando as diretrizes curriculares estabelecidas pelos órgãos reguladores dos sistemas de Ensino Fundamental e Médio no Brasil. Essa formação generalista está no sentido de proporcionar, aos estudantes, condições necessárias para um ingresso em qualquer área de uma formação acadêmica futura (PERRELLI, 1996). Contudo, antes é necessário que o professor também sistematize durante o seu processo formativo, aspectos quantitativos e qualitativos de conhecimentos de cunho científicos-educacionais para o trabalho, tanto na área específica (computação) como também em diferentes contextos (interdisciplinar).

Neste aspecto, compreender como ocorre o processo de ensinar envolve três grandes campos, direcionados ao estudante, ao professor

e ao saber (conhecimento). Especificamente ao conhecimento, este deve ser criteriosamente sistematizado pelos códigos específicos da área primeiramente, no qual requer, segundo o francês Yves Chevallard (1991), a formação do *especialista* munido de ensinamentos de uma forma particularizada e aprofundada. E em um segundo momento, que os aspectos práticos do cotidiano sejam assumidos em contextos distintos dos envolvidos.

No tocante a diferentes estratégias ou meios para um processo de ensino-aprendizagem, mais efetivo especialmente nas escolas, é notório como a inserção da tecnologia vem ganhando cada vez mais espaço nas salas de aula de todos os níveis da educação brasileira. O profissional da licenciatura em computação é aquele que disponibiliza de um acesso muito mais regado às condições de promover novas dinâmicas e novas atuações para o trabalho com o saber, justamente pelo fato de dominar aspectos de software e de hardware, direcionando-os as diferentes áreas da educação além dos específicos da computação.

Ainda que o temor pelas pessoas referente ao domínio das máquinas sobre os humanos seja grande, isso não quer dizer que a figura 'professor' esteja entrando em decadência e se torne obsoleta. Para toda e qualquer profissão é necessário um profissional competente e equipado para o trabalho nas relações entre o conhecimento e o estudante, bem como a identidade do professor em propor diferentes estratégias didáticas-metodologias para o ensinar/aprender. Mas então, qual é o sentido da tecnologia nesse aspecto? O trabalho do professor deve estar atrelado às tecnologias, bem como ao seu papel na busca pelo conhecimento. As tecnologias favorecem a autonomia, tanto do professor quanto do estudante, aproximando também a relação entre ambos para com o conhecimento. Reconhecendo os avanços e os méritos da inteligência artificial, as máquinas não substituem a essência de um humano na intuição, na criatividade, em seu poder de inspirar, de se inspirar e de acreditar no outro. Mesmo que a tecnologia venha modificar a maneira pela qual os homens pensam, agem, falam, se relacionam dentre outras, a própria condição de humanização permanece apenas com os humanos.

Mas então, como será o futuro da educação?

Uma relação híbrida (homens e máquinas) - está gradativamente tomando espaço na educação formal e não-formal. As máquinas vêm para contribuir, modificando a relação pedagógica. O conhecimento, por sua vez, com esse aliado tecnológico pode ser facilmente compreendido, questionado, incorporado e refutado. Contudo, antes é necessário compreender durante o processo formativo do professor como 'lidar' com esse conhecimento (saber) e como o mesmo seja o diferencial na vida do sujeito em sociedade.

SEÇÃO 2

A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: ALGUNS PRESSUPOSTOS CIENTÍFICOS-EDUCACIONAIS

.....

O termo Transposição Didática aparece primeiramente com o filósofo e sociólogo Michel Verret em 1975. Verret (1927-2017) pesquisava sobre os temas relacionados a área da Educação nos campos: acadêmico, escolar e no cotidiano.

No campo escolar define a didática como a transmissão de um saber adquirido de uma pessoa que sabe para aquela que ainda não sabe ou de uma pessoa que aprendeu para aquela que aprende (VERRET, 1975).

Para o sociólogo, a didática pode ser dividida em duas grandes áreas: na prática do saber e na prática do transmitir. Ambas as práticas caminham juntas, o sujeito necessariamente precisa ter o conhecimento para também saber transmiti-lo.

Verret (1975) classifica o saber em dois tipos, os saberes escolares e os saberes não-escolares. Os saberes escolares para que apresentem tal denominação necessitam satisfazer cinco condições:

1- A *dessincretização do saber* originando aprendizagens especializadas.

2- A *despersonalização do saber*, no qual o mesmo é separado em relação a pessoa.

3- A *programabilidade* que consiste na programação da aprendizagem com sequências que admitam a aquisição de maneira progressiva dos saberes.

4- A *publicidade do saber* que é a extensão do saber a transmitir.

5- O *controle social da aprendizagem* com procedimentos de verificação que certificam a aprendizagem.

Já aqueles saberes denominados por Varret (1975) de não-escolares, são divididos em dois grupos:

1- *Sociais*

2- *Gnoseológicos*

Os saberes não-escolares sociais segundo o sociólogo, incluem os saberes esotéricos e os saberes iniciáticos dos quais escapam da publicidade do saber. Os saberes aristocráticos também estão inclusos nos sociais, dos quais escapam do controle social com procedimentos de verificação que certificam a aprendizagem.

Os saberes não-escolares classificados como gnoseológicos são os saberes de uma maneira geral compreendido pelo homem, àquele que se opõem aos procedimentos sistemáticos de análise rigorosa e com aprendizagens que resistem com o passar do tempo; os saberes empíricos das pessoas de senso comum e os saberes familiares.

É importante salientar que Michel Verret contribuiu significativamente para a transposição didática em relação aos saberes escolares e não-escolares, mas foi Yves Chevallard o responsável por ampliar tais estudos, atribuindo elementos significativos quanto ao conhecimento (saber) e como esse se processa no ambiente acadêmico e escolar. Para Verret a "transmissão" de saberes era o fator primordial no tocante a transposição didática, enquanto que Chevallard passa a recusar esse termo com construções de conhecimentos científicos-educacionais do campo da didática, contrapondo a ideia de transmissão de saberes. Para ele transmitir um saber é reconduzir a caixa-preta pelas mãos do professor ao estudante, como uma filosofia medieval. A sala de aula é o ambiente que carece de conhecimentos concretos dos saberes (CHEVALLARD, 1991).

Yves Chevallard, é um didata francês da Didática da Matemática, que leciona atualmente no Institut Universitaire de Formation des Maîtres de l'Académie d'Aix-Marseille, onde também coordena pesquisas na área da formação de professores em Matemática. Em seu livro mais difundido no Brasil - *La Transposition Didactique* de 1985, o autor direciona 'transposições' que sofre um saber (conhecimento) quando passa do campo científico para o escolar (campo da escola). Para Chevallard, é importante que esse processo seja compreendido de maneira



Figura 1: Yves Chevallard (1946-)
Fonte: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php>

significativa principalmente pelos profissionais envolvidos ao ensino de disciplinas científicas. A transposição didática é conceituada pelo autor como o trabalho de fabricar um *objeto de ensino*, ou seja, fazer um objeto de saber produzido pelo cientista ser objeto do saber (conhecimento) de um estudante.



Pesquise sobre as obras de Yves Chevallard em:
<http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php>

Para Chevallard (2013), não se pode negar que as teorias científicas começam a partir dos fatos e voltam a eles, tendo a ciência sua própria maneira de lidar com eles. Tais fatos são definidos pelo autor como o material que é feito a realidade das pessoas. A ciência não se ocupa, muito menos se preocupa, com os fatos, mas sim com os fenômenos.

Um exemplo está relacionado com o fenômeno da velocidade dos corpos na Física, sem ao fato de preocupar-se com pessoas que dirigem alcoolizadas e podem provocar acidentes. A ciência em particular não se interessa em eventos particulares, mas sim fenômenos.

Dentro deste contexto, o matemático Chevallard utiliza um exemplo na área da Física, no tocante ao estudo da velocidade dos corpos. Para elas se estabelece as relações matemáticas e as leis que governam o mundo natural. Contudo, cabe a você professor procurar caminhos, para que a partir dos fatos dos quais a ciência pouco se importa, como ao fenômeno da velocidade, seja familiarizado ao estudante, ao estudar por exemplo, a Cinemática do movimento. Relacionar um fato ou fatos é um método sólido e teoricamente justificado para se avançar na compreensão física de dados empíricos (CHEVALLARD, 2013).

Quando se trata de ensinar um conhecimento, os profissionais envolvidos de maneira direta ou indireta ao contexto escolar utilizam algum tipo de adaptação para que um conhecimento possa ser ensinado, isto é, efetuam uma Transposição Didática. Neste aspecto, a transposição didática envolve:

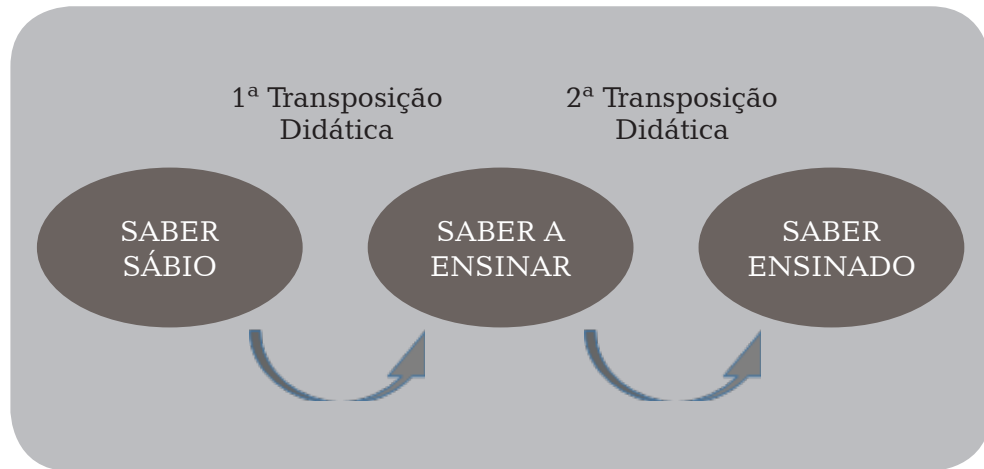
A transposição didática é um instrumento para a análise do movimento entre o *saber sábio* para o *saber a ensinar* e desse, para o *saber ensinado*.

É um processo no qual os conhecimentos científicos (*saber sábio*) sofrem um conjunto de transformações (*saber a ensinar*), tornando-se um conhecimento para ser ensinado na escola, dos quais o professor novamente os adapta aos envolvidos (*saber ensinado*).

Os saberes produzidos e legitimados pela comunidade científica de toda e qualquer área do conhecimento não são ensinados no campo da escola tal qual foram produzidos. Isso ocorre, pois a linguagem científica utilizada pela comunidade científica está muito distante do público das escolas – dos estudantes.

Para tanto, a transposição dos saberes entre a comunidade científica e a escola é condição para estreitar os caminhos entre esses dois campos de conhecimentos. A teoria da transposição didática explica como ocorre a passagem dos níveis de saberes.

Os saberes, segundo Chevallard (2005), podem ser classificados em três tipos:



Cada um dos saberes se refere a:

→ *O saber sábio*: É aquele conhecimento produzido pela comunidade científica. Este grupo produz conhecimento com uma linguagem própria, complexa e técnica.

→ *O saber a ensinar*: É aquele conhecimento designado de extrema importância para ser ensinado no campo escolar. Os responsáveis por selecionar tais saberes formam um corpo de técnicos que compõem a *noosfera*. Os professores fazem parte deste corpo de técnicos da noosfera, selecionando tais conhecimentos para compor os currículos, as diretrizes educacionais e os conhecimentos dos livros didáticos.

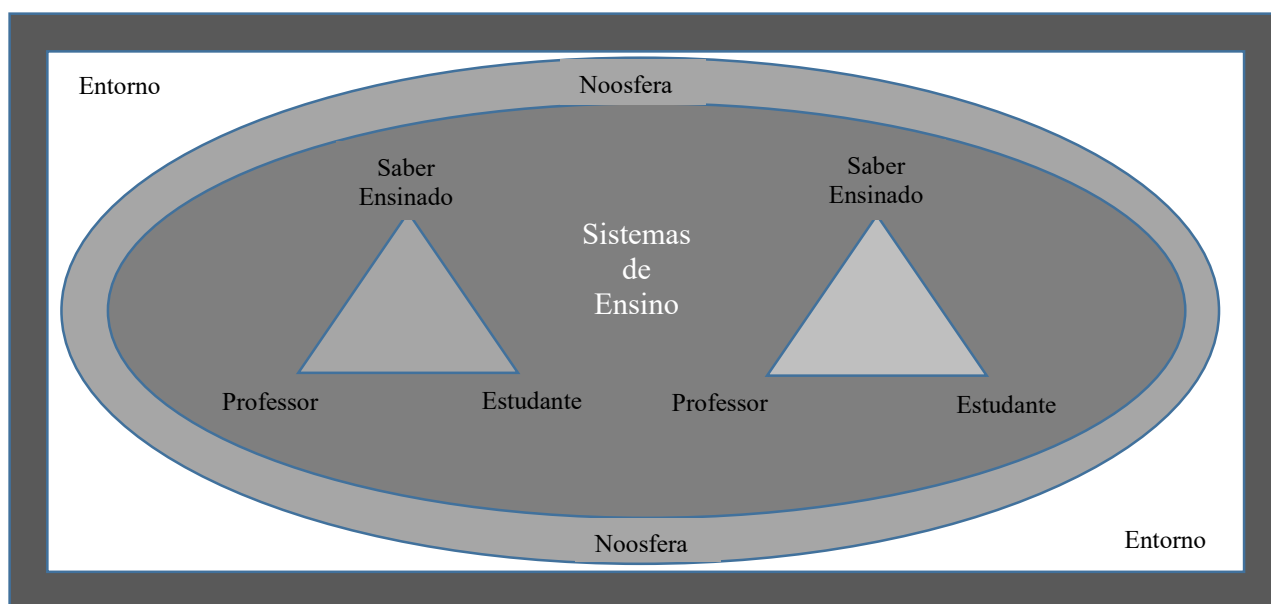
→ *O saber ensinado*: É o conhecimento que chega às salas de aula das escolas pelos professores. Esse seleciona, dentre uma gama de saberes dispostos no currículo e nos livros didáticos, quais são realmente significativos.

Para efetuar uma transposição didática de qualquer saber (conhecimento) o professor executará dois movimentos distintos:

1º - O *saber sábio* é convertido em *saber a ensinar* pela noosfera (denominada de transposição didática externa), aquele que ocorre externamente ao meio escolar pelos professores, técnicos, autores de livros, dentre outros.

2º - O *saber a ensinar* é convertido em *saber ensinado* na interação e na dinâmica da sala de aula de acordo com as concepções teóricas e metodológicas de cada professor (denominada de transposição didática interna). Esse, passa a selecionar os conteúdos do currículo e dos livros didáticos dos quais estejam mais conectados a realidade dos envolvidos.

O diagrama que representa a transposição didática pode ser entendido como:



Fonte: a autora

Existe uma relação tríplice entre o conhecimento (saber ensinado), o professor e o estudante dentro dos sistemas de ensino. A noosfera é a instância responsável, segundo Chevallard, pelo trabalho de transposição externa. Ela é composta geralmente por cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre

outros, que contribuem com seus valores, preferências, ideias e objetivos dos saberes que chegarão à sala de aula.

Para Chevallard:

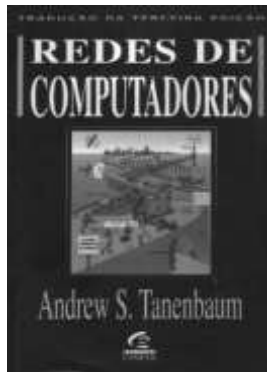
A noosfera é o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá nos fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado [entre os ideais e possibilidades dos saberes científicos] (expresso pelos matemáticos, pelos pais, pelos professores mesmos). Ali se produz todo conflito entre sistema e entorno e ali encontra seu lugar privilegiado de expressão. Neste sentido, a noosfera desempenha um papel de obstáculo (CHEVALLARD, 1991, p.34).

Ao redor da noosfera está o entorno, o qual permite o funcionamento didático e intervém em diferentes níveis, tanto na noosfera quanto na relação tríplice nos sistemas de ensino.

A transposição didática normalmente ocorre a partir de uma sequência linear. Primeiramente, em uma revista que agrega um conhecimento de referência (saber sábio) descoberto por cientistas e pesquisadores da área, passará pela primeira transposição didática. Essa, chamada de externa, é realizada por professores e especialistas da disciplina que escrevem os livros didáticos (disponíveis na academia e nas escolas). Na sequência, uma segunda transposição didática ocorre, entre os sabres sistematizados no livro didático (saber a ensinar) para as transformações adaptativas do professor em sala de aula (saber ensinado) com suas técnicas e metodologias didáticas.

1ª Transposição
Didática

2ª Transposição
Didática



(Revista Científica) - Saber Sábio

(Livro Didático) - Saber a Ensinar

(Aula) - Saber Ensinado

Chevallard (2005) define a transposição didática do seguinte modo:

Um conteúdo do saber que tenha sido designado como saber a ensinar sofre a partir de então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de Ensino. Este **trabalho** que transforma um objeto de saber a ensinar em um objeto de Ensino é denominado de transposição didática (CHEVALLARD, 2005, p. 45, grifo do autor).

Contudo, a transposição didática é um processo complexo. Para ilustrar a complexidade desse processo, basta citar a Geometria desenvolvida por Euclides de Alexandria (300 a.C.). Somente no final do século XIX é que os conteúdos parciais do livro de Euclides passaram a ser apresentados ao Ensino Fundamental nas escolas europeias, com um atraso de aproximadamente 2000 anos. Nem todos os conhecimentos sistematizados pelos cientistas na academia, o *saber sábio*, sofrem a transposição didática, isto é, as transformações adaptativas para torná-lo um *saber a ensinar*. Muito menos chega a fazer parte de um planejamento didático de um professor que o adapte para o *saber ensinado* à comunidade escolar. A transposição didática consiste num processo que se preocupa com as implicações do *como transformar objetos* de saberes sábios, em saberes a ensinar e, finalmente, em objetos de saberes ensinados.

Segundo Pinho Alves (2000), o ensino do conhecimento presente no ambiente escolar, se apresenta no formato de conteúdos ou de conhecimento científico escolar. Estes conteúdos ou conhecimento científico escolar não constituem o *saber sábio* (àquele original formatado pelos cientistas), como também não é uma simples adaptação deste. O conteúdo escolar é considerado um 'objeto didático', como produto do processo de transposição didática, passando a constituir o *saber a ensinar*, presente nos livros didáticos e currículos. Os livros didáticos exibem o *saber a ensinar* como conteúdo, de maneira formatada, organizada e dogmatizada. São conteúdos que se apresentam ordenados, cumulativos e linearizados, dentro de uma lógica sequencial que se reconstitui em um novo quadro epistemológico, diferente daquele saber sábio (PINHO ALVES, 2000).

No ambiente escolar, o *saber a ensinar* torna-se objeto de trabalho do professor quando toda a sua aula está preparada com os conceitos

que estão no livro didático. Este fato é conhecido por terceiro nicho epistemológico segundo Pinho Alves (2000), pois uma nova transposição didática sobre *o saber a ensinar*, é transformado em *saber ensinado*. O *saber ensinado* é muito instável, pois o ambiente escolar é modificado constantemente. Professores que não preparam suas aulas para cada nova turma, correm o risco de efetuarem transposições didáticas que não exerçam “prática social de referência” (ASTOLFI, 1995).

Uma prática social de referência é aquela que leva o professor a evitar utilizar exemplos durante a transposição didática que não fazem parte da *cultura* do estudante, pois não lhe é significativo. É notória a inconveniência de utilizar exemplos e situações para a transposição didática de uma linguagem de programação em Java para os alunos de um curso técnico médio em informática por exemplo, se o mesmo não conhece uma sintaxe para a declaração de variáveis em *portugol*, por exemplo. Como também não faz sentido para um estudante aprender sobre os fenômenos das marés, embora possa operacionalizar um software e visualizar como ocorre, se o mesmo vive em uma cidade distante do mar.

Quando a educação é considerada um ambiente como reflexo e transmissão de cultura é necessário compreender os aspectos dessa cultura. Jean-Claude Forquim (1993) apresenta inúmeros empregos da palavra cultura e de que maneira a escola é responsável e realiza a transmissão da cultura. O autor enfatiza que nem todos os componentes da cultura no sentido sociológico são igualmente úteis aos sujeitos inseridos no mesmo ambiente, por isso alguns objetos de aprendizagem são apenas informais, outros são ocultos e outros acabam caindo em desuso. É importante, nesse sentido, que o professor no ambiente escolar enfatize pelo menos um aspecto cultural de valor como: a moral, a ética, princípios de uma cultura ou de dada cultura, quando sistematiza uma transposição didática, de maneira que o conteúdo tenha significado para que o estudante compreenda o seu mundo. Pois “[...] toda a educação do tipo escolar, supõe sempre na verdade uma seleção no interior da cultura e uma reelaboração dos conteúdos da cultura destinados [...] às novas gerações” (FORQUIM, 1993, p.14).

A transposição didática contempla diretrizes das quais foram concebidas no intuito de facilitar ao professor a análise dos diferentes saberes e em diferentes níveis de aprendizagem. A ciência, uma obra

de arte, um pensamento teórico, uma relação matemática, são exemplos praticamente incomunicáveis dentro do universo de um estudante da educação básica, visto que o mesmo não está inserido na cultura do saber sábio. Nesse aspecto é necessária uma intercessão do professor para que torne tais saberes acessíveis a outro universo. Os livros didáticos são exemplos clássicos de transposição didática efetuada do *saber sábio* para o *saber a ensinar*, mas que o professor pode utilizar de outros recursos didáticos-metodológicos para que o *saber a ensinar*, ainda sofra mais uma transposição didática e se torne o *saber ensinado*, contudo focado, na cultura dos envolvidos.

A seguir é sistematizado um quadro sobre os atores envolvidos na Transposição Didática:

	Saber sábio	Saber a ensinar	Saber ensinado
Atores principais	Pesquisadores	Autores de livros	Professores
Grupos sociais de referência	Colegas atuais e antigos, com suas: • 'escolas'; • correntes de pensamentos; • publicações.	• Autores; • Especialistas da disciplina; • Professores; • Opinião pública.	• Alunos; • Estabelecimentos escolares e seu meio social; • Pais dos alunos; • Supervisores escolares.
Focos de suas atividades (a que se dedicam)	• Manter o debate científico em um dado ramo do saber; • Avanços de conhecimento da área do saber (disciplina).	• Colocar à disposição elementos recentes do saber, de documentos originais etc; • Transformação do saber em proposições de atividades de aula, exercícios, problemas.	• Transmitir os conceitos básicos; • Reconhecer as dificuldades do 'trabalho de ensinar'; • Manter a comunicação didática; • Escolher e organizar a sequência do saber.
Atividade cognitiva dos atores (produção científica)	• Trabalhar no aprofundamento de conhecimentos; • Resolver problemas e provar (demonstrar) as soluções a seus pares.	• Integrar o conhecimento novo ao saber existente; • Simplificar o saber e procurar a melhor maneira de expô-lo.	• Selecionar para cada conteúdo os exercícios para fazer; • Decidir sobre a melhor forma de avaliar (não muito fácil, não muito difícil, interessante, mas séria).
Fonte de 'pressão' em suas atividades	• Competição científica e carreira; • Necessidade de publicar e fazer comunicações em congressos; • Justificar o horário (período) dedicado à pesquisa.	• Competição e obrigações editoriais; • Currículos, conteúdos programáticos, programas escolares; • Controle mútuo entre os autores.	• Avaliações posteriores: de nível para nível escolar, vestibular etc; • Obrigações com o tempo didático; • Adequação às normas escolares estabelecidas (julgamento da direção, dos pais dos alunos, da supervisão.).

FONTE: A. N, Perret-Clermont et al., 1982, modificada (apud Astolfi, et al., 1997, p. 180)

A transposição didática pode ser efetivada em diversos ambientes das práticas educacionais quando se trabalha com o saber. Para situações das quais o professor trabalha com atividades de laboratório, por exemplo, também pode utilizar a transposição didática, basta para isto, executar cinco regras específicas, segundo Pinho Alves (2000):

- Regra 1 - Modernizar o saber escolar

O fato do professor estar engajado em modernizar o saber trabalhado na escola está no sentido de aproximar o desenvolvimento da produção científica (da academia) aos cursos de graduação para que então possam chegar a educação básica nas escolas. Novos modelos, leis, teorias, técnicas, tecnologias forçam a inclusão desses novos conhecimentos aos currículos dos cursos de graduação que contribuem para a formação dos futuros profissionais, dos quais promovam novas transposições desses novos conhecimentos (modernizados).

- Regra 2 - Atualizar o saber a ensinar

Descartar os saberes ou conhecimentos que de certa forma já se popularizaram e se tornaram obsoletos, para abrir espaço a novos saberes, conectados a demanda da sociedade.

- Regra 3 - Articular os saberes

Novos objetos de saber se conversam mais facilmente com os antigos objetos de saber, no sentido de construir uma ponte que os conecta, e ao mesmo tempo, que esclarece as novas perspectivas alcançadas.

- Regra 4 - Transformar um saber em exercícios e problemas

O saber sábio promove por si só que o professor possa trabalhar dentro de uma didática que lhe permita o trabalho com exercícios de ordem prática, até mesmo para a fixação de conhecimentos. O professor dentro desse aspecto poderá até utilizar essa transposição para avaliar seus alunos e coletar dados sobre sua aprendizagem.

- Regra 5 - Tornar um conceito mais compreensível

Conceitos e definições, muitas vezes, detêm um grau de complexidade significativo e necessitam sofrer transformações adaptativas para que

seja compreendido pelo estudante. Para isto o professor assume uma postura na qual a transposição didática realizada por contextualizações e/ou analogias, permitem que haja o aprendizado no contexto escolar. As aulas práticas e experimentais estão dentro dessa regra.

Para tanto, segundo o seu idealizador Yves Chevallard, a transposição didática é sedutora. E por sua vez, não está livre de confusões e equívocos. Neste aspecto, é importante que o professor tenha consciência das condições de sua instalação e de como a mesma vai se apresentar no decorrer de suas aulas.

Para Yves Chevallard, a transposição didática é entendida como um *conteúdo do saber*, designado como *saber a ensinar* e este sofre um conjunto de transformações adaptativas, tornando-o apto a ocupar um lugar dentre os objetos de ensino – *saber ensinado*.

Assim, alguns exemplos são apresentados na sequência no intuito de dar a conhecer e discutir possíveis ações didáticas para o processo complexo das transformações adaptativas do saber.

SEÇÃO 3

A PRÁTICA DE ENSINO NA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: PRESSUPOSTOS PARA O TRABALHO EM COMPUTAÇÃO

A área da Computação como um todo contempla especificidades de saberes organizados, dos quais se fundamentam em outras áreas do conhecimento. Com fundamentos na área da Matemática, Estatística, Engenharia Elétrica, Física, Informática, dentre outras, organiza conhecimentos de referência (*saber sábio*), dos quais sofrem a primeira transposição didática, sendo os conhecimentos sistematizados em livros didáticos (*saber a ensinar*) para a partir de então, exclusivamente os professores, efetivarem as transformações adaptativas do conhecimento para o *saber ensinado* em sala de aula – a segunda transposição didática.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico em Informática, Resolução CNE/CEB N.º 04/99, o profissional técnico da área deve compreender as atividades das quais também envolvam atividades de concepção e especificação tanto de hardware, quanto de software (BRASIL, 1999). Logo, a sistematização dos conhecimentos sobre o histórico e a evolução dos computadores devem se fazer presentes para a formação técnica dos estudantes na área.

Logo, é apresentado na sequência um recorte como exemplo, de como pode ocorrer uma transposição didática em relação a temática: Arquitetura e Organização de Computadores, no conteúdo estruturante: Histórico e Evolução dos Computadores. O exemplo aqui apresentado não se apresenta em um formato rígido e imutável, mas como uma ideia inicial, podendo sofrer novas transposições didáticas de acordo com a realidade educacional.

SEÇÃO 3.1 – Histórico e a Evolução dos Computadores como exemplo de Transposição Didática

A evolução dos sistemas de computação ocorreu no século XVI, tornando-se verdadeiramente úteis no século XX. O *saber sábio* relacionado a computação é aquele conhecimento apresentado pelos

pesquisadores e cientistas da área. Esses contribuem de maneira a agregar novos conhecimentos para a área, sejam estes de cunho científico ou de cunho técnico e, ainda, no decorrer da história.

A partir deste objeto de saber sábio, de modo a transformá-lo em objeto de ensino, três grandes obras de referência da área da Arquitetura e Organização de Computadores são aqui apresentadas. Essas articulam a 1ª Transposição Didática, a partir do saber sábio disponível em revistas e periódicos da área, para o saber a ensinar. São eles:

- STALLINGS, William. **Arquitetura e Organização de Computadores**. 8 ed. Pearson, 2010.
- TANENBAUM, Andrew S. **Organização Estruturada de Computadores**. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- HENNESSY, John L.; PATTERSON, David A. **Arquitetura de Computadores: Uma Abordagem Quantitativa**. 5a ed. Campus, 2013.

Em relação ao conteúdo estruturante: a evolução e o histórico dos computadores, Stallings (2010) salienta que o histórico dos computadores, além de interessante, fornece uma visão da estrutura e das funções de um computador para justificar a questão do desempenho. Tal justificativa é colocada pelo autor, no sentido de apresentar em qual contexto cada recurso será útil. Para tanto, o mesmo apresenta o histórico dos computadores a partir daqueles que funcionavam à válvula, utilizando como exemplo, o ENIAC (Computador e Integrador Numérico Eletrônico - *Electronic Numerical Integrator and Computer*). Já Awdrew Tanenbaum (2007), apresenta a evolução dos computadores, focando no desenvolvimento e aperfeiçoamento do computador digital moderno, a partir da máquina analítica de Babbage em 1834 até a chegada pela Apple do palmtop em 1993.

Em livros didáticos de Ensino Técnico, nível médio, se observa geralmente que os autores convergem para um resgate histórico mais profundo, datando de fatos a 3500 a.C. O monumento de Stonehenge; o ábaco; a tábua de Logaritmos de John Napier; a régua de cálculo em 1620 de William Oughtred; a calculadora de Pascal; contribuições de Gottfried Leibniz (sistema com dois símbolos, 0 e 1); George Boole com a álgebra booleana (representação 0 e 1 com ausência ou não de corrente elétrica)

e os cartões perfurados são alguns dos exemplos que se caracterizam em livros didáticos de Ensino Médio de cursos técnicos da área de Computação. É possível observar também a presença de um resgate histórico sobre a época da 2ª Guerra Mundial e a contribuição direta dos computadores dos quais respondiam de maneira precisa as pontarias em confrontos e, em decifravam códigos nas operações militares.

O cuidado em organizar sistemas para contextualizar os computadores também é perceptível nos livros didáticos da educação profissional de informática a nível médio. Um resgate sobre o avanço na estrutura dos hardwares e softwares também são apresentadas como: os primeiros computadores com relés, os eletrônicos a válvulas, com chips, os microprocessadores, os computadores pessoais conhecidos pelas terminologias de seus processadores e os computadores com interface gráfica e figuras.

É comum os livros didáticos para a educação básica de nível técnico apresentarem a classificação das gerações dos computadores após o resgate histórico do computador. Contudo, o texto é apenas informativo, não demonstrando de fato como eram tais técnicas, tecnologias e computadores.

Considerando uma das primeiras máquinas como o ábaco, por exemplo, a noosfera (composta por professores, especialistas) organiza com as transformações adaptativas (transposições didáticas) necessárias desse objeto *a ensinar* para que então, novamente, sejam efetuadas novas transposições didáticas para que se transforme em objeto *ensinado* pelo professor. Nesse momento ocorre a 2º Transposição Didática.

Para um professor que sistematize conceitos de um currículo, no qual o histórico dos computadores faz parte, ao trabalhar com a transposição didática, dois aspectos se fazem presentes. O primeiro está relacionado ao professor, pois a transposição didática contribui diretamente para a sua didática. O segundo, é que facilita o processo da compreensão do conhecimento pelo estudante.

Contudo, é fundamental que a transposição didática esteja conectada diretamente a cultura dos estudantes, de modo que a contextualização que o professor utilizar e as transformações adaptativas, sejam de fato significativas para os mesmos.

Como os livros didáticos a nível médio geralmente apresentam informações descritivas sobre a evolução dos computadores, o professor em vez de apenas informar ao estudante tais aspectos, pode dispor de figuras e de objetos (físicos) e levá-los para a sala de aula ou ainda, utilizar vídeos para esse fim.

Por exemplo, durante a sistematização do conhecimento sobre o conteúdo de evolução dos computadores, caso o professor disponibilize de um ábaco é importante que o leve para a sala de aula.

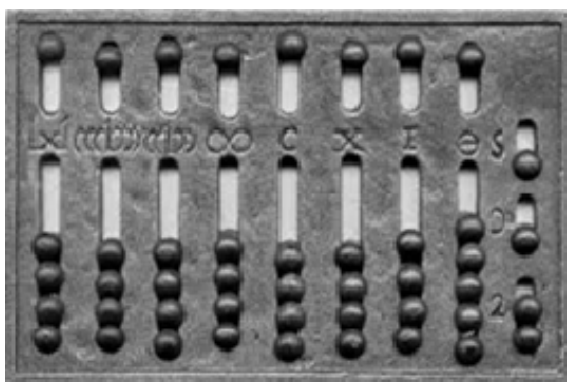


Figura 2: Ábaco Mesopotâmico
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 3: Ábaco
Fonte: Wikipédia Commons

O professor pode efetivar uma transposição didática utilizando fotografias dessas máquinas para que facilite a aprendizagem do objeto a ensinar, para que se tornem objetos ensinados. Utilizar uma imagem da calculadora de Pascal (Figura 4) pode ser útil para contextualizar a máquina, caso o professor não disponha da mesma.

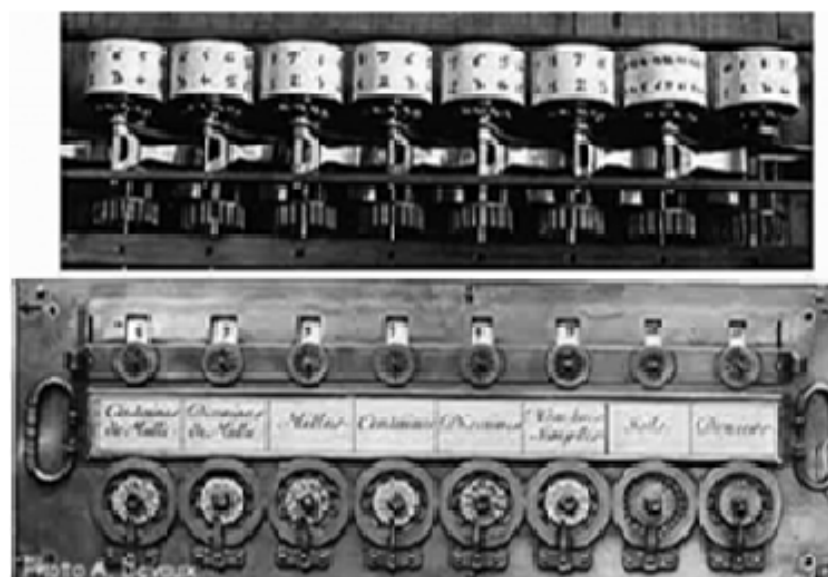


Figura 4: Calculadora de Blaise Pascal
Fonte: Acervo de A. Deavaux

A régua de cálculo (Figura 5), a máquina de Babagge (Figura 6), o primeiro computador eletromecânico (Mark I) (Figura 8), o *Colossus* (Figura 10), o ENIAC (Figura 11 e 12) e o EDSAC (Figura 13) também podem ser contextualizados dentro da dinâmica da aula do professor para que o estudante compreenda a complexidade de conhecimentos envolvidos nos sistemas que antecederam ao computador utilizado hoje, como nas figuras que seguem:

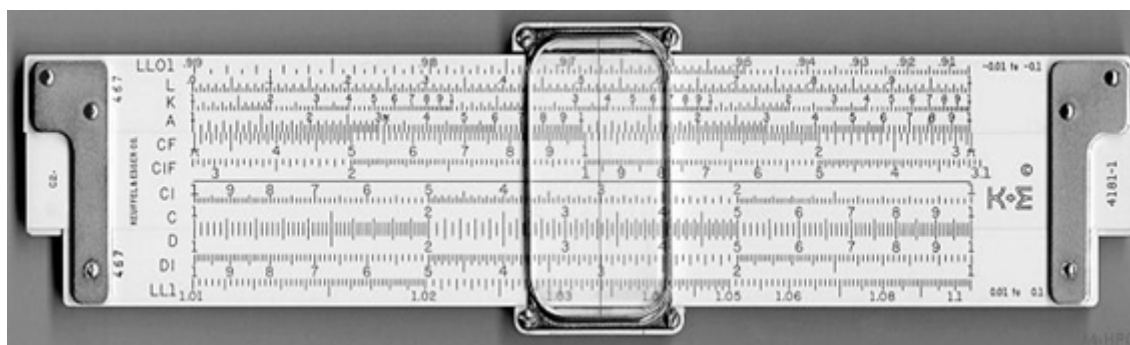


Figura 5: Régua de Cálculo
Fonte: Universidade Federal da Paraíba - UFPB

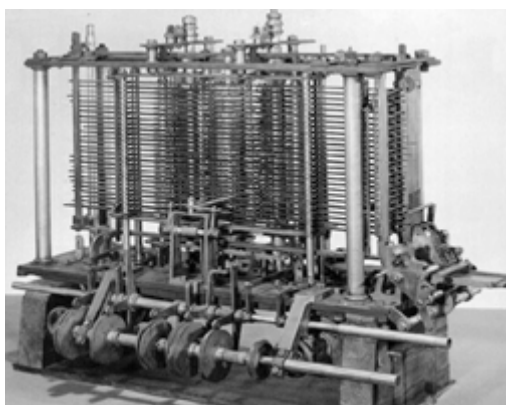


Figura 6: Máquina de Babbage¹
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 7: Calculadora Diferencial de Babbage
Fonte: Wikipédia Commons

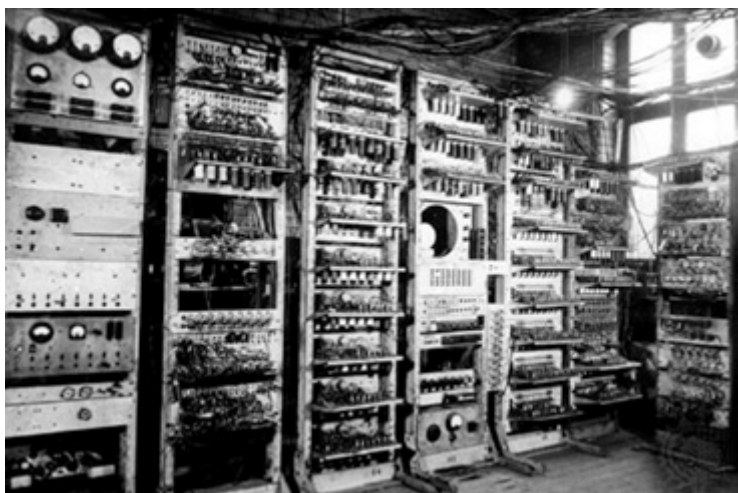


Figura 8: Mark I – Computador eletromecânico - 1944
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 9: Mark I – exposição na Universidade de Harvard (EUA)
Fonte: Wikipédia Commons

1

Charles BABBAGE (1792-1871) Inglês, professor de Matemática Universidade de Cambridge

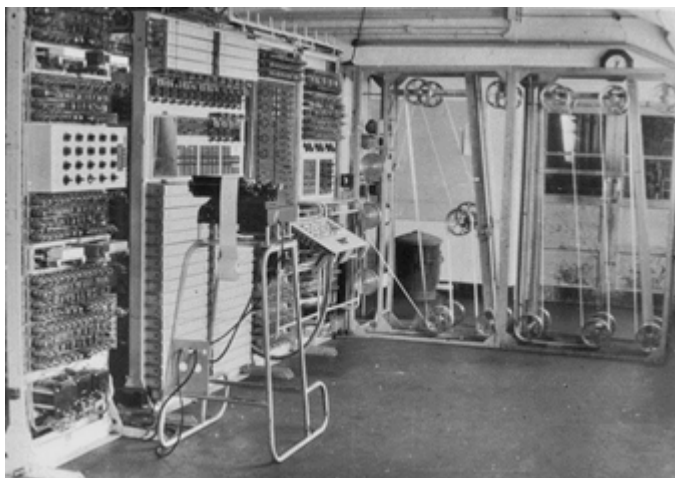


Figura 10: Colossus – 1946 criado por Allan Turing
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 11: ENIAC – (Computador e Integrador Numérico Eletrônico)
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 12: ENIAC – construção iniciada 1943 e findada em 1946
Fonte: Wikipédia Commons

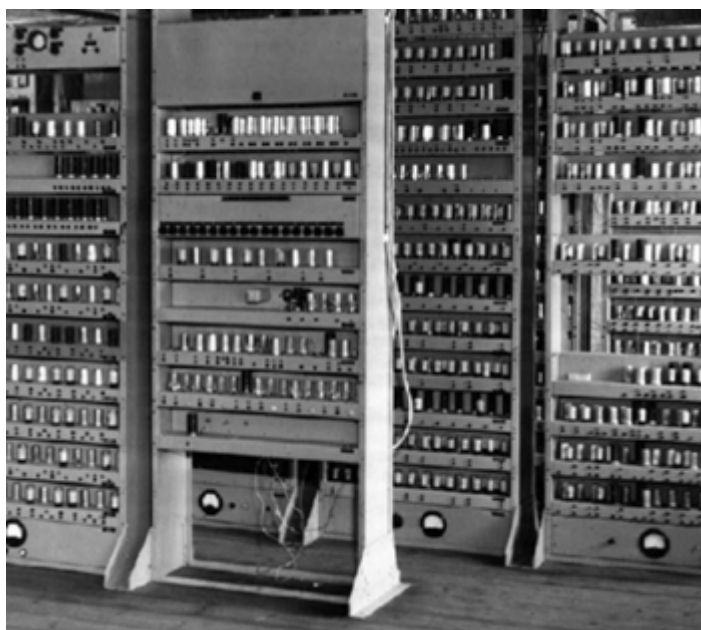


Figura 13: EDSAC (*Electronic Discrete Variable Computer*) - 1949 – Cambridge
Fonte: Wikipédia Commons

Para o professor deve estar claro de que a relação a partir do saber sábio para o saber a ensinar, os cientistas passam a apresentar suas melhorias técnicas, preocupando-se com a otimização da mesma, das quais nem sempre fazem sentido para os estudantes e como sua ação pedagógica pode executar diferentes estratégias para que isso ocorra.

Contudo, uma transposição didática não apresenta uma abordagem temporal, na qual a inclua em uma ou em algumas aulas com tempo determinado. A premissa é que o professor utilize de seus métodos didáticos-metodológicos para que o objeto a ensinar se torne objeto ensinado. Até mesmo, caso o professor queira, poderá utilizar de uma das tecnologias das quais descrevem a evolução dos computadores para estudá-la mais a fundo e organizando suas transformações adaptativas para que esse saber se torne ensinado.

Realizar a transposição didática requer do professor, conhecimento. É necessário que o mesmo tenha domínio sobre o saber (conhecimento), caso contrário o conhecimento acaba se perdendo, resultando em senso comum. Neste ínterim, o professor pode ir além do livro didático em suas aulas, buscando outras fontes de conhecimento que facilitem o aprendizado pelo estudante. Pode focar em apenas uma das tecnologias, como por exemplo, o ENIAC para trabalhar a compreensão dos estudantes.

Tanenbaum (2007) apresenta toda sistematização histórica sobre o surgimento do ENIAC, o que geralmente não ocorre nos livros didáticos de ensino médio sobre esse computador. Todavia, isso não significa que para a compreensão do estudante é necessário retirar todo esse aparato histórico do ENIAC como objeto a ensinar. O professor pode fazer suas adaptações para que esse objeto torne-se ensinado. Na sequência é apresentado na íntegra, sem alguma transposição efetivada pela autora, o histórico que Andrew S Tannbaum (2007, p. 10 e 11) faz em seu livro sobre o ENIAC remetendo-se a primeira geração de computadores a válvula (1945-1955):

[...] Com muitos cientistas da computação que vieram depois dele, John Mauchley montou uma proposta solicitando ao exército financiamento para a construção de um computador eletrônico. A proposta foi aceita em 1943, Mauchley e seu aluno de pós-graduação J Presper Eckert passaram a construção um computador eletrônico ao qual deram o nome de ENIAC (*Eletronic Numeral Integrator And Compute* – integrador e computador numérico eletrônico).

O ENIAC consistia em 18 mil válvulas e 1500 relés, pesava 30 toneladas e consumia 140 quilowatts de energia. Em termos de arquitetura a máquina tinha 20 registradores, cada um com capacidade para conter um número decimal de 10 algarismos. Um registrador decimal é uma memória muito pequena que pode conter desde um número até outro número máximo de casas decimais, mais ou menos como o odômetro que registra quanto um carro rodou em seu tempo de vida útil.

O ENIAC era programado com o ajuste de até 6 mil interruptores multiposição e com a conexão de uma imensa quantidade de soquetes com uma verdadeira floresta de cabos de jumpers.

A construção da máquina só foi concluída em 1946, quando era muito tarde para ser de alguma utilidade em relação a seu propósito original. Todavia, uma vez que a guerra tinha acabado. Mauchley e Eckert receberam permissão para organizar um curso de verão descrevendo seu trabalho para seus colegas cientistas. Aquele curso de verão foi o início de uma explosão de interesses na construção de grandes computadores digitais.

Após aquele curso de verão histórico, outros pesquisadores se dispuseram a construir computadores eletrônicos. O primeiro a entrar em operação foi o EDSAC (1949), construído na Universidade de Cambridge por Maurice Wilkes. Entre outros, figuravam o JOHNIAC, da Rand Corporation; o ILLIAC, da Universidade de Illinois; o MANIAC, do Los Alamos Laboratory; e o WEIZAC, do Weizmann Institute em Israel.

Eckert e Mauchley logo começaram a trabalhar em um sucessor, o EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). Contudo, esse projeto ficou fatalmente comprometido quando eles deixaram a Universidade da Pensilvânia para fundar uma empresa nova, a Eckert-Mauchley Computer Corporation, na Filadélfia. (O Silicon Valley ainda não tinha sido inventado). Após uma série de fusões, essa empresa se tornou a moderna Unisys Corporation.

Como um aporte legal, Eckert e Mauchley solicitaram uma patente alegando que eles haviam inventado o computador digital. Em retrospecto, possuir essa patente não seria nada mal. Após anos de litígio, o tribunal decidiu que a patente de Eckert-Mauchley era inválida e que John Atanasoff tinha inventado o computador digital, embora nunca o tivesse patenteado.

Enquanto Eckert e Mauchley trabalhavam no EDVAC, uma das pessoas envolvidas no projeto ENIAC, John von Neumann, foi para o Institute of Advanced Studies de Princeton para construir sua própria versão do EDVAC, a máquina IAS. Von Neumann era um gênio, da mesma estirpe de Leonardo Da Vinci. Falava muitos idiomas, era especialista em ciências físicas e matemáticas e guardava na memória tudo que já ouvira, vira ou lera. Conseguia citar sem consulta, palavra por palavra, o texto de livros que tinha lido havia anos. Na época em que se interessou por computadores, ele já era o mais eminente matemático do mundo.

Uma das coisas que logo ficou óbvia para ele foi que programas de computadores com quantidades imensas de interruptores e cabos era uma tarefa lenta, tediosa e mecânica. Ele percebeu que o programa podia ser representado em forma digital na memória do computador, junto com os dados. Também viu que a desajeitada aritmética decimal serial usada pelo ENIAC, com cada dígito representado por 10 válvulas (1 acesa e 9 apagadas), podia ser substituída usando a aritmética binária paralela, algo que Atanasoff tinha percebido anos antes.

O projeto básico, o primeiro que ele descreveu, agora é conhecido como máquina de Von Neumann. Ela foi usada no EDSAC, o primeiro computador de programa armazenado e agora, mais de meio século depois, ainda é base de quase todos os computadores digitais. Esse projeto e a máquina IAS, construída em colaborações com Herman Goldstine, teve uma influência tão grande que vale a pena descrevê-la brevemente. Embora o nome de Von Neumann esteja sempre ligado a esse projeto, Goldstine e outros também lhe deram substanciais contribuições. Um esboço da arquitetura é dado na figura 14:

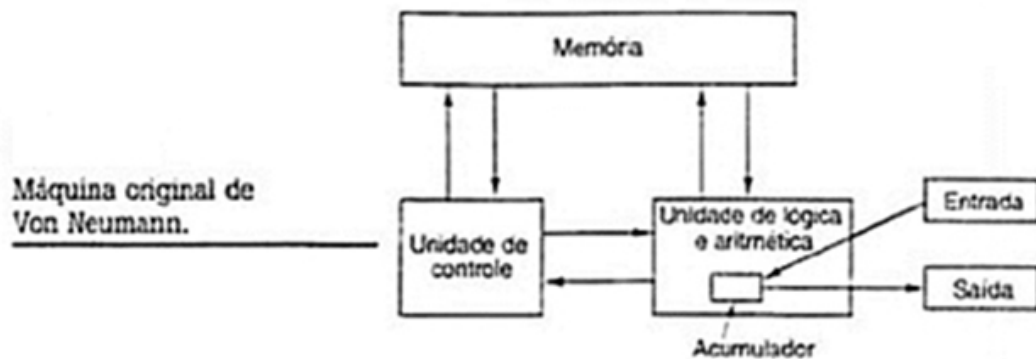


Figura 14: Máquina de Von Neumann.

Fonte: (Tanenbaum, 2007, p. 11)

A máquina de Von Neumann tinha cinco partes: a memória, a unidade de lógica e aritmética, a unidade de controle e o equipamento de entrada e saída. A memória consistia em 4.096 palavras, uma palavra contendo 40 bits, cada bit um 0 ou um 1. Cada palavra continha ou duas instruções de 20 bits ou um inteiro de 40 bits com sinal. As instruções tinham 8 bits dedicados a identificar o tipo da instrução e 12 bits para especificar uma das 4.096 palavras de memória. Juntas, a unidade lógica e aritmética e a unidade de controle formavam o 'cérebro' do computador. Em computadores modernos elas são combinadas em um único chip denominado CPU (Central Processing Unit – unidade central de processamento).

Dentro da unidade de lógica e aritmética havia um registro interno especial de 40 bits denominado acumulador. Uma instrução típica adicionava uma palavra de memória ao acumulador ou armazenava o conteúdo do acumulador na memória. A máquina não tinha aritmética de

ponto flutuante porque Von Neumann achava que qualquer matemático competente conseguiria acompanhar o ponto decimal (na verdade o ponto binário) de cabeça.

Praticamente ao mesmo tempo em que Von Neumann estava construindo sua máquina IAS, pesquisadores do MIT também estavam construindo um computador. Diferente da IAS, do ENIAC e de outras máquinas desse tipo, cujas palavras tinham longos comprimentos e eram destinadas a cálculos numéricos pesados, a máquina do MIT, a Whirlwind I, tinha uma palavra de 16 bits e era projetada para controle em tempo real. Esse projeto levou à invenção da memória de núcleo magnético por Jay Forrester e, depois, em seu devido tempo, ao primeiro minicomputador comercial.

Enquanto tudo isso estava acontecendo, a IBM era uma pequena empresa dedicada ao negócio de produzir perfuradores de cartões e máquinas mecânicas de classificação de cartões. Embora tenha contribuído para o financiamento de Aiken, a IBM não estava muito interessada em computadores até que produziu o 701 em 1953, muito tempo após a empresa de Eckert e Mauchley ter alcançado o posto de número um no mercado comercial com seu computador UNIVAC. O 701 tinha 2.048 palavras de 36 bits, com duas instruções por palavra. Foi o primeiro de uma série de máquinas científicas que vieram a dominar o setor dentro de uma década. Três anos mais tarde apareceu o 704 que, de início, tinha 4.096 palavras de memória de núcleos, instruções de 36 bits e uma inovação: hardware de ponto flutuante. Em 1958, a IBM iniciou a produção de sua última máquina de válvulas, a 709, que era basicamente um 704 remodelado.

Diante do resgate histórico sobre os cientistas envolvidos na primeira geração dos computadores e as funcionalidades de cada um, Andrew Tanenbaum (2007) não apresenta em seu livro, por exemplo, figuras que levem o estudante a ter conhecimento sobre os computadores da primeira geração. Deste modo, o professor pode utilizar tranquilamente esse saber ensinado do autor e efetivar a transposição didática em:

- uma linguagem mais acessível ao estudante;
- mostrar algumas fotografias dos computadores citados pelo autor;
- conhecer os cientistas e pesquisadores que contribuíram significativamente para a primeira geração de computadores;
- discutir a respeito do valor empregado no ENIAC na época, que hoje correspondem a aproximadamente US\$10 milhões;
- abrir discussões sobre a importância do mesmo durante 2º Guerra Mundial, que embora sendo finalizado depois do fim da guerra, foi utilizado nos primeiros anos da Guerra Fria, contribuindo no projeto da bomba de hidrogênio;
- analisar a aplicabilidade do ENIAC hoje. Além da insignificância do mesmo hoje era suficiente para processar em torno de 5.000 adições, 357 multiplicações ou 38 divisões a cada segundo. O professor pode transpor esse saber para que o estudante compreenda de que a capacidade do ENIAC se resume a calculadoras portáteis existentes na década de 1970. E que hoje, as calculadoras de bolso, das mais simples, superam o primeiro computador digital.

ATENÇÃO



Os exercícios de fixação, pesquisas, resolução de situações-problema, aulas de laboratório com experimentos, dentre outros elementos didáticos-metodológicos, também fazem parte da transposição didática e podem ser utilizados pelo professor como instrumentos que revelam a aprendizagem dos estudantes.

Na sequência são apresentadas algumas fotografias sobre o histórico da primeira geração de computadores citados por Tanenbaum (2007), das quais podem ser trabalhadas com os estudantes da educação técnica a nível médio:



Figura 15: Criadores da ENIAC – 1946: John Mauchley (1907-1980) – à esquerda
E John Presper Eckert (1919-1995) – à direita
Fonte: Wikipédia Commons

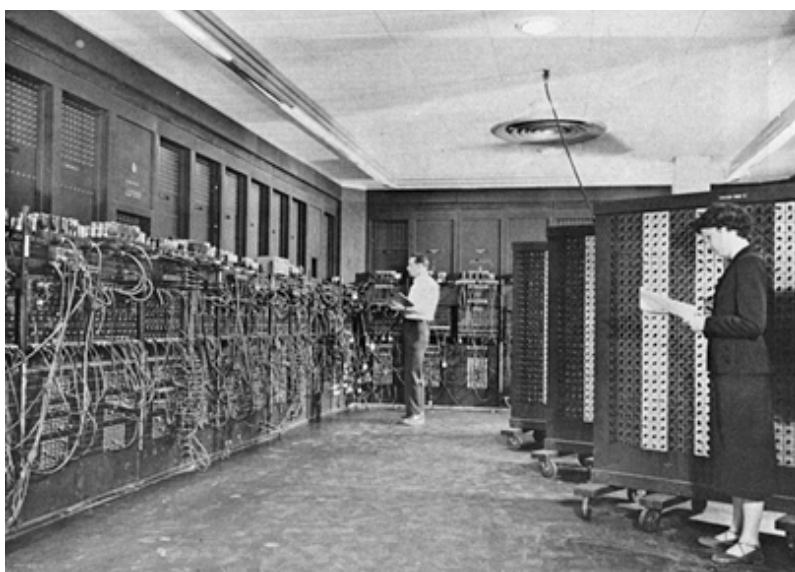


Figura 16: ENIAC
Fonte: Wikipédia Commons

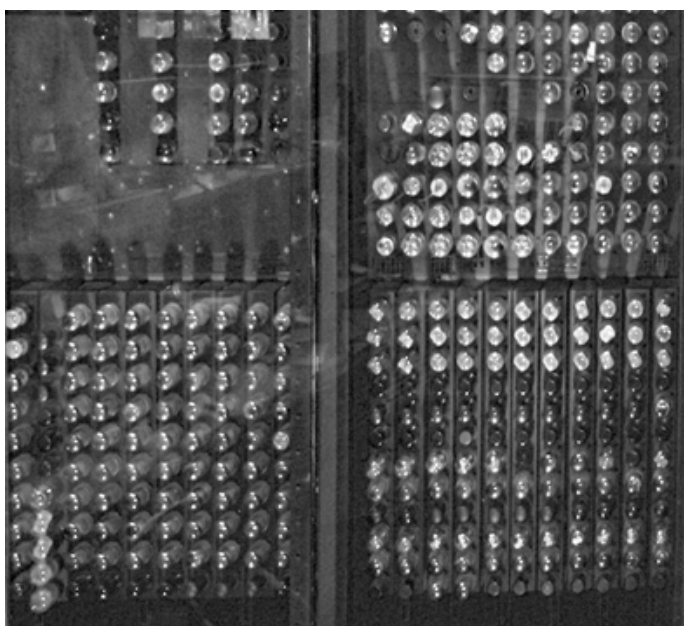


Figura 17: Válvulas do ENIAC
Fonte: Wikipédia Commons

O ENIAC elevava a temperatura do ambiente para 50 °C. Para realizar as diferentes operações era necessário trocar, conectar e reconectar os cabos como era feito naquela época nas centrais telefônicas, daí o conceito. Dependendo dos cálculos a serem realizados pelo computador, este demorava dias.

A figura 18 apresenta Wilkes, o criador EDSAC - primeiro computador com armazenamento eletrônico de dados. Executou o cálculo de uma tabela de quadrados e uma lista de números primos em 1949.



Figura 18: EDSAC e Maurice
Vicent Wilkes (1913-2010)
Fonte: Wikipédia Commons

Outros computadores dos quais Tanenbaum (2007) cita:

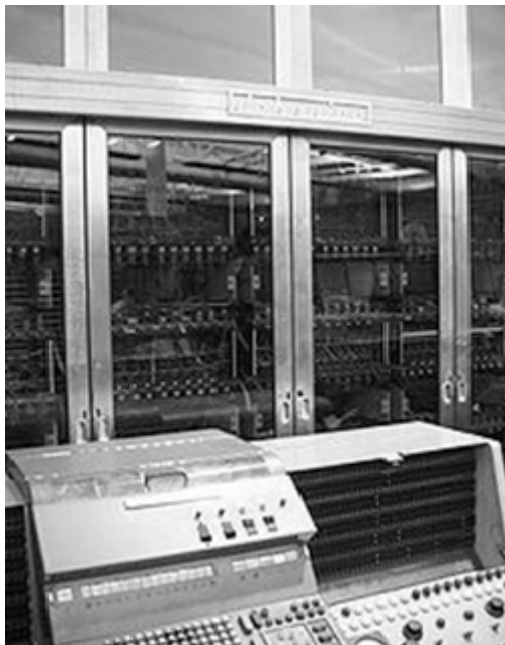


Figura 19: JOHNIAC
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 20: ILLIAC
Fonte: Wikipédia Commons

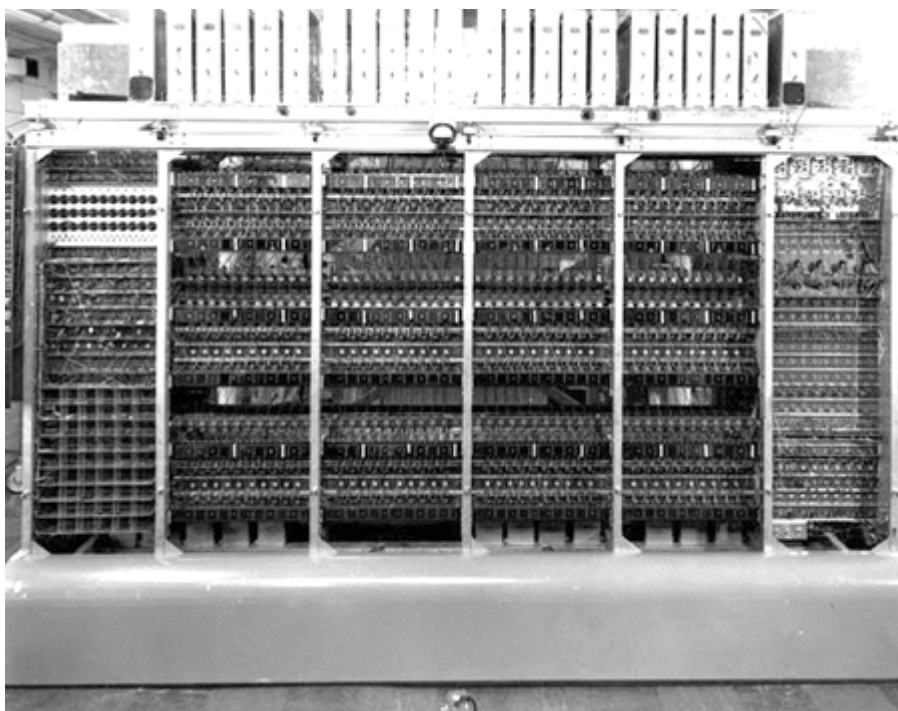


Figura 21: MANIAC
Fonte: Computer History Museum



Figura 22: WEIZAC
Fonte: Computer History Museum

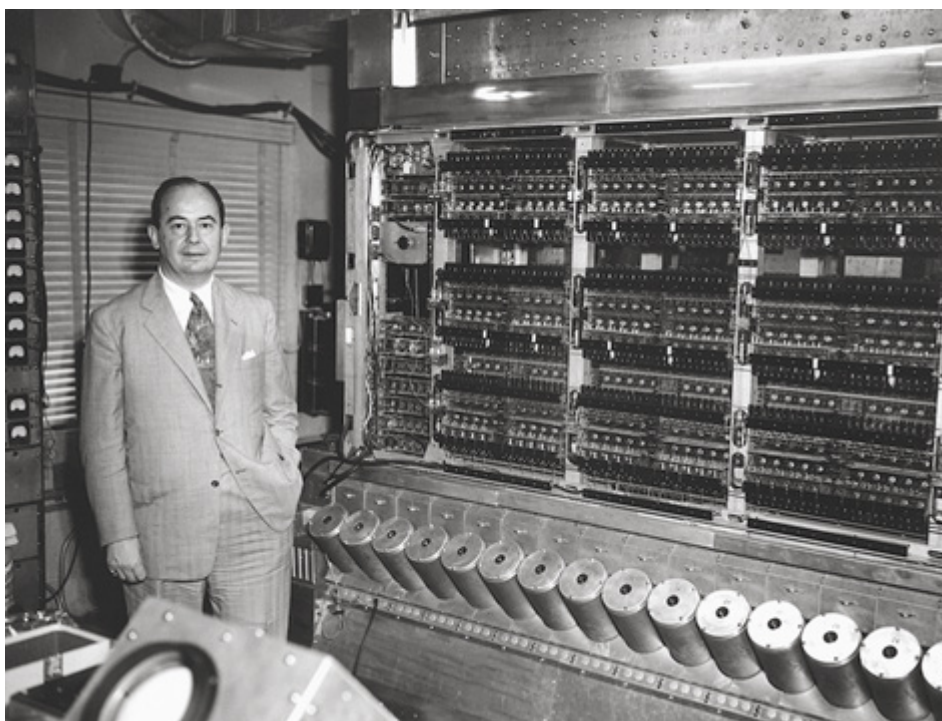


Figura 23: John Von Neumann (1903-1957) - Computador IAS
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 24: Whirlwind I do MIT
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 25: Jay Wright Forrester (1918-2016)
Inventor da memória de núcleo magnético.
Fonte: Wikipédia Commons



Figura 26: UNIVAC I
Fonte: Wikipédia Commons

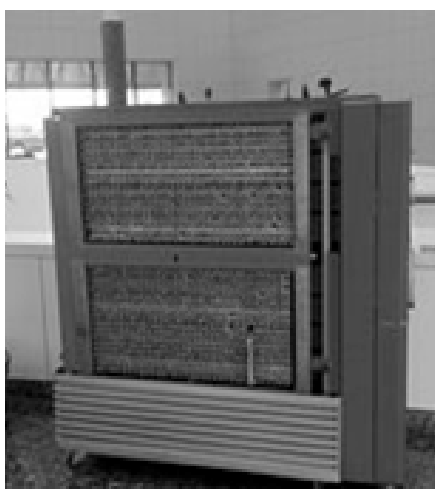


Figura 27: IBM 701
Fonte: Computer History Museum



Figura 28: IBM 704
Fonte: Computer History Museum



Figura 29: IBM 709
Fonte: Computer History Museum

Toda e qualquer proposta de efetivar transformações adaptativas do saber a ensinar para o saber ensinado é diretamente proporcional a realidade do estudante. Normalmente o conteúdo estruturante de um curso técnico de nível médio sobre o histórico e a evolução dos computadores, seus conteúdos estruturantes envolvem: dispositivos mecânicos; dispositivos eletromecânicos; evolução dos computadores eletrônicos da 1ª até a 5ª geração; computadores de grande, médio e pequeno porte; smartphones e tablets.

Aqui é apresentado apenas um recorte da transposição didática sobre a evolução dos computadores, focado na 1ª geração, o qual não se apresenta estanque. São diversos os aspectos e abordagens da prática de ensino do professor dentro de um espaço de aprendizagem. O professor, o estudante e o saber (conteúdo) compõem o ambiente de ensino-aprendizagem. A didática do professor, que representa a sua 'arte', se manifesta na prática em sua capacidade de perceber, agregar e manipular os recursos disponíveis no ambiente do qual interage.

Neste aspecto, a relação: professor – estudante – saber pode ocorrer da seguinte maneira:

Dentro de um contexto específico de um curso técnico em Informática, por exemplo, é fundamental que o professor tenha conhecimento dos objetivos gerais da aprendizagem de um estudante a nível médio, mesmo antes de preparar as suas aulas. Esses geralmente envolvem segundo as DCN (BRASIL, 1999): o domínio dos conteúdos e processos relevantes do conhecimento científico, tecnológico, social e cultural, utilizar de diferentes linguagens de maneira a intervir no mundo do trabalho, orientado por valores éticos que dão suporte a convivência democrática, com ações voltadas a instalar sistemas operacionais, aplicativos e periféricos para desktop e servidores, desenvolvendo aplicações para desktop com acesso à web e a banco de dados, bem como manutenção de computadores de uso geral, instalando e configurando redes de computadores locais e também de pequeno porte.

No tocante ao planejamento do professor, o momento que este prepara as aulas, geralmente utiliza como referência os conceitos trazidos pelos livros didáticos redigidos para a respectiva série e disciplina de ensino para o qual este leciona. Muitas das vezes a prática pedagógica do professor, as características próprias de cada estudante e a escola são alguns

dos ingredientes que contribuem de maneira direta para a construção da identidade do professor. Contudo, a principal relação estabelecida dentro do ambiente escolar é o conhecimento. Para tanto, essa é a diferença entre os estudantes e o professor, o qual detém conhecimentos necessários para exercer a sua função dentro do ambiente educacional. Neste aspecto, é fundamental que o professor reconheça a discrepância que ocorre entre os manuais originais do qual o conhecimento é produzido pelos cientistas e o conteúdo disponível nos livros didáticos. E, que tais conteúdos presentes nos livros didáticos ainda podem estar distantes da realidade dos estudantes devido sua formatação e organização.

Tradicionalmente o conteúdo de arquitetura de computadores é lecionado no primeiro ano do curso técnico em Informática, com algumas variações, seguindo seus conteúdos para o segundo e terceiros anos, normalmente para um curso de duração de 4 anos. A ordem hierárquica de conteúdos prescreve:

- Histórico e Evolução dos Computadores.
- Entrada, Processamento e Saídas de Dados.
- Hardware e Software.
- Bit e Bytes e seus Múltiplos.
- Fontes de Alimentação do Hardware.
- Dispositivos de Entrada e Saída.
- Montagem e Configuração de Computadores.
- Tipos de Softwares.
- Instalação e Configuração de Sistemas Operacionais, Softwares Aplicativos e Periféricos.
- Manutenção de Computadores.

Em relação ao conceito: Histórico e Evolução dos Computadores, em uma aula o professor pode planejá-la de maneira a buscar as transformações adaptativas, como por exemplo, em proporcionar ao estudante, os significados de cada um dos componentes de hardware e as construções dos computadores. Contudo, o resgate histórico pode ser o primeiro caminho para realizar as transposições no tocante ao saber sábio para o saber a ensinar, dos quais muitas das vezes não estão presentes nos livros didáticos para a educação de nível básico.

Em uma aula tradicional o professor inicia a aula com a descrição do resgate histórico do computador com a invenção e utilização do ábaco, passando na sequência para a estrutura dos antigos computadores e as gerações, das quais são classificados a partir da geração zero ou geração dos dispositivos mecânicos, e com a tecnologia adotada em cada geração corresponde ao marco que a identifica. Contudo, essa sistematização torna-se sem sentido ao estudante, mesmo porque antes de se classificarem em gerações o percurso histórico a partir do ábaco (máquina não programável da época Mesopotâmica) para a calculadora de Pascal (não programável do século XVII) ocorreu, como já abordado anteriormente. Em uma aula em que haja “práticas sociais de referência” o professor preocupa-se em demonstrar, não apenas informar ao estudante sobre tal evolução, resgatando de maneira contextualizada com todo o rigor histórico envolvido. Dentro dessa vertente, o professor poderá utilizar ainda de recursos de vídeo e pesquisas durante a aula, no intuito de sistematizar o conhecimento, como também de exercícios de fixação de conhecimentos no sentido de finalizar sua aula, ou de uma apresentação oral sobre o que os estudantes aprenderam, ou ainda de um texto dissertativo argumentativo sobre seu conhecimento construído.

SEÇÃO 3.2 - Números Binários como exemplo de transposição didática em Arquitetura e Organização de Computadores

Os computadores utilizam o sistema binário para representar suas informações. Chama-se de binário porque o sistema utiliza-se de dois dígitos distintos. O binário também é conhecido como base dois. Cada **zero** (0) ou **um** (1) é chamado de **bit** (dígito binário).

Bit – Binário (*binary digit*). Menor unidade de informação armazenável em um computador. Sistema que consiste em apenas dois valores: 0 e 1. Todas as operações que são possíveis no sistema decimal, como exemplos: processamento de texto, sons, imagens e outros dados analógicos podem ser feitos usando o sistema digital.

Um bit é representado na memória principal do computador por um **transistor**, que pode estar ligado ou desligado, ou um **capacitor**, que pode estar carregado ou descarregado.

Um único bit não consegue representar muitas das informações no computador. Logo, os bits são utilizados geralmente em grupos de oito, podendo representar números de 0 a 255. Um grupo de **oito bits** é chamado de **byte** (*binary term*). Ainda um grupo de **4 bits** é chamado de *nibble*.

Byte - Unidade de armazenamento de dados. Cada 1 byte é formado por 8 bits e é suficiente para 256 diferentes combinações incluindo todas as letras, números, caracteres especiais e símbolos.

A capacidade de processamento de um computador, isto é, sua velocidade, depende do número de bits que pode processar de uma só vez. Para um computador de 32 bits, por exemplo, pode processar números de 32 bits em uma única operação, ao passo que um computador de 16 bits divide os números de 32 bits em partes menores, o que o torna mais lento.

Tais conhecimentos se organizam a partir do *saber sábio* (Chevallard, 2005) e os números binários se apresentam dentro do conteúdo estruturante da Organização e Arquitetura de Computadores pelos pesquisadores e cientistas. Esses contribuem de maneira a agregar conhecimentos para a área, sejam estes de cunho científico ou técnico. A partir do objeto - saber sábio, de modo a transformá-lo em objeto a ensinar, três grandes obras de referência da área da Arquitetura e Organização de Computadores são aqui apresentadas. Essas articulam a 1º Transposição Didática, a partir do saber sábio disponível em revistas e periódicos da área, para o saber a ensinar. São eles:

- STALLINGS, William. **Arquitetura e Organização de Computadores**. 8 ed. Pearson, 2010.
- TANENBAUM, Andrew S. **Organização Estruturada de Computadores**. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- HENNESSY, John L.; PATTERSON, David A. **Arquitetura de Computadores: Uma Abordagem Quantitativa**. 5a ed. Campus, 2014.

Em Stallings (2010) os 'números binários' apresentam-se como 'Sistema Binário', organizado dentro do conteúdo estruturante da Aritmética Computacional, organizado no livro como um apêndice. O autor inicia a explanação dos saberes, utilizando a vida cotidiana como elemento para contextualizar os números binários a partir dos números decimais de base 10. Com vários exemplos apresentados, efetiva a conversão entre números binários e decimais, fechando o capítulo com alguns exemplos sobre a notação hexadecimal (a cada quatro dígitos binários agrupados é atribuído um símbolo).

Já Hennessy e Patterson (2014) apresentam o 'Sistema Binário' organizado com todo o apêndice do livro, a parte dos conteúdos estruturantes do mesmo. O Sistema Binário apresenta-se dentro do contexto: "Tipo e Tamanho dos Operadores". Neste apêndice, os autores descrevem a diferença entre número binário e decimal de maneira rápida e resumida, com apenas um único exemplo, passando a dedicar-se a outros contextos e análises sobre componentes de hardware do computador.

Ainda, Awdrew Tanenbaum (2007) apresenta o 'Sistema Binário' organizado em um capítulo como apêndice do seu livro. Sistematiza um aparato teórico e prático sobre os números de precisão finita, sistemas de número raiz ou números-base, conversão de bases, números binários negativos e aritmética binária.

Estas três obras apresentam-se nos livros didáticos utilizados em nível de graduação para a área da Computação, dos quais necessitam passar por transformações adaptativas, pelo professor, efetivando de fato as práticas sócias de referência para poder utilizá-lo na educação a nível médio.

Os números binários, tradicionalmente estudados em cursos técnicos de informática apresentam-se, com pequenas variações, na seguinte sequência pelos livros didáticos:

Conteúdo estruturante: Componentes dos Computadores e Periféricos

- Sistema Binário

Livros de ensino técnico muitas vezes apresentam o conceito de número binário a partir da linguagem de comunicação entre os indivíduos. Indivíduos que falam a mesma língua conseguem comunicar-se mais facilmente em detrimento a indivíduos que não falam entre si a mesma

língua. Efetivando algumas transformações adaptativas com contextos e analogias, aproximam a linguagem entre os humanos ao computador que compreende apenas a linguagem chamada de digital.

A comunicação das operações realizadas no computador ocorre pela linguagem digital, conhecida por sistema binário. Os computadores só compreendem o sistema binário ou de base dois, que consiste na utilização de apenas dois algarismos: o zero (0) e um (1), como se fosse apagado (0) e aceso (1). O apagado e o aceso se referem a passagem ou não de corrente elétrica. Relacionam a passagem da corrente elétrica com sinais elétricos responsáveis pela comunicação entre os componentes eletrônicos do computador e o seu armazenamento de dados, representados pelos números 0 e 1 (sistema binário).

No sistema binário, um dígito binário (0 ou 1) é chamado de bit, do inglês Binary Digit (menor unidade de informação de um computador. Para a codificação de um texto, por exemplo, que um programador utiliza em uma linguagem de programação, utiliza-se o código ASCII² (acrônimo de *American Standard Code for Information Interchange*), capaz de converter texto para o sistema binário. O código ASCII é um mapeamento dos caracteres (letras, números e símbolos) para números binários de 1 byte. Exemplos como: a letra "a" é codificada no byte 01100001; e o símbolo @ é codificado no byte 01000000, apresentam-se nos livros didáticos de ensino médio técnico.

Também é possível identificar, de maneira geral nos livros de ensino médio técnico, a presença da discussão sobre o sistema decimal, também chamado base 10, utiliza os dez algarismos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). A utilização dos prefixos binários para escrever quantidades de bits, dos quais expressam a velocidade do processador ou a velocidade de transmissão de dados entre computadores. Exemplo: uma medida expressa como 2,8 GHz da velocidade de um processador corresponde a 2,8 bilhões de Hertz; para 100Mbps a velocidade de transmissão de dados equivalente a 100 milhões de bits transmitidos por segundo.



2

Consulte no endereço que segue, a tabela completa em ASCII:
<http://iris.sel.eesc.usp.br/sel433a/ASCII.pdf>

Um computador utiliza bits e bytes para armazenar e transmitir números, textos e todas as outras informações.

Na sequência é apresentado na íntegra, sem alguma transposição efetivada pela autora, as relações apresentadas por Stallings (2010) em seu livro, no tocante ao *saber a ensinar* - Sistema Binário:

Em Stallings (2010, p. 333) o sistema binário é trabalhado em formato de apêndice pelo autor. Começa apresentando o sistema binário, a partir do sistema decimal da seguinte maneira:

São usados dez dígitos distintos para representar os números na base 10. No sistema binário, temos apenas dois dígitos, 1 e 0. Portanto, números no sistema binário são representados na base 2. Para evitar confusão, algumas vezes usamos um número subscrito para indicar a base do sistema de numeração adotado. Por exemplo, 83_{10} e 4728_{10} são números representados na notação decimal, ou seja, números decimais. Os dígitos 1 e 0, na notação binária, têm o mesmo significado que na notação decimal:

$$\begin{aligned}0_2 &= 0_{10} \\1_2 &= 1_{10}\end{aligned}$$

Para representar números maiores, assim como na notação decimal, cada dígito de um número binário tem um dado valor, dependendo de sua posição:

$$\begin{aligned}10_2 &= (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0) = 2_{10} \\11_2 &= (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 3_{10} \\100_2 &= (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (0 \times 2^0) = 4_{10} \\&\text{e assim por diante.}\end{aligned}$$

Valores fracionários são representados com potências negativas da base:

$$1001,101 = 2^3 + 2^0 + 2^{-1} + 2^{-3} = 9,625_{10}$$

Conversão entre números binários e decimais

A conversão de um número na notação binária para a notação decimal é simples. De fato, mostramos diversos exemplos na subseção anterior. Basta multiplicar cada dígito binário pela potência de 2 adequada e somar os resultados. Para converter a notação decimal em notação binária, o número inteiro e a parte fracionária são tratados separadamente. Suponha que queremos converter um número inteiro decimal N para a forma binária. Se dividirmos N por 2, no sistema decimal, obtendo um quociente N_1 e um resto R_1 podemos escrever:

$$N = 2 \times N_1 + R_1$$

$$R_1 = 0 \text{ ou } 1$$

A seguir, dividimos o quociente N_1 por 2. Suponha que o novo quociente seja N_2 e o novo resto, R_2 . Então:

$$N_1 = 2 \times N_2 + R_2$$

$$R_2 = 0 \text{ ou } 1$$

Assim:

$$N = 2 (2 N_2 + R_2) + R_1 = 2^2 N_2 + R_2 \times 2^1 + R_1 \times 2^0$$

Se, a seguir, tivermos:

$$N_2 = 2 N_3 + R_3$$

Então obteremos:

$$N = 2^3 N_3 + R_3 \times 2^2 + R_2 \times 2^1 + R_1 \times 2^0$$

Como $N > N_1 > N_2 \dots$, essa sequência de divisões finalmente produzirá um quociente $N_k = 1$ (exceto para os números inteiros decimais 0 e 1, cuja notação binária é 0 e 1, respectivamente) e um resto R_k , que é igual a 0 ou 1. Então:

$$N = (1 \times 2^k) + (R_k \times 2^{k-1}) + \dots + (R_3 \times 2^2) + (R_2 \times 2^1) + (R_1 \times 2^0)$$

Ou seja, podemos converter da base 10 para a base 2 por meio de repetidas divisões por 2. O resto e o quociente final, 1, nos dão os dígitos binários de N, na ordem do menor para o maior dígito significativo. A Figura 30 mostra dois exemplos.

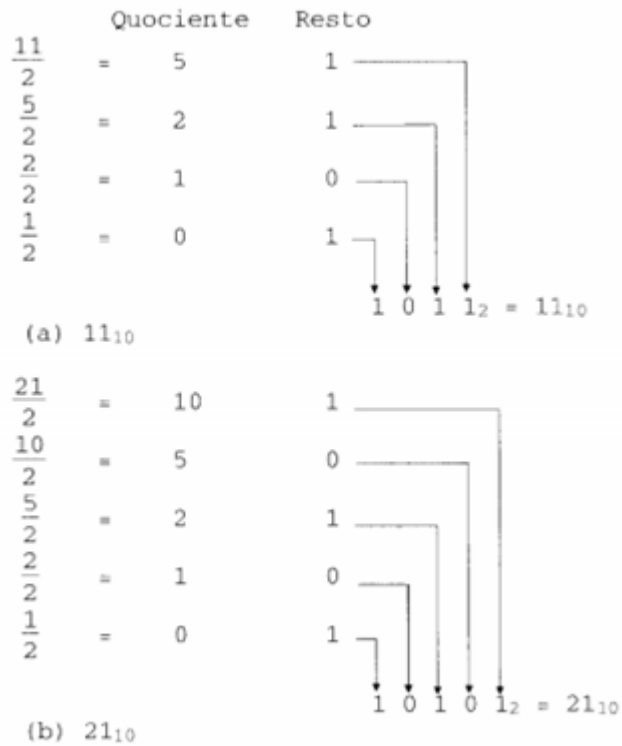


Figura 30: Conversão de números inteiros da notação decimal para a notação binária.
Fonte: Stallings (2010, p. 335)

A conversão da parte fracionária envolve repetidas multiplicações por dois, como mostra a Figura 30. A cada passo, a parte fracionária do número decimal é multiplicada por 2. O dígito à esquerda da vírgula decimal no produto será 0 ou 1 e contribuirá para a representação binária, começando pelo bit mais significativo. A parte fracionária do produto é usada como multiplicando no próximo passo. Para mostrar que isso funciona, consideramos uma fração decimal positiva $F < 1$. Podemos expressar F como:

$$F = \left(a_{-1} \cdot \frac{1}{2} \right) + \left(a_{-2} \cdot \frac{1}{2^2} \right) + \left(a_{-3} \cdot \frac{1}{2^3} \right) + \dots$$

Onde cada a_{-i} é 0 ou 1. Se multiplicarmos isso por 2 teremos:

$$2F = a_{-1} + \left(a_{-2} \cdot \frac{1}{2^1}\right) + \left(a_{-3} \cdot \frac{1}{2^2}\right) + \left(a_{-4} \cdot \frac{1}{2^3}\right) + \dots$$

As partes inteiras dessas duas expressões devem ser iguais. Consequentemente, a parte inteira de $2F$, que deve ser 0 ou 1, uma vez que $0 < F < 1$ é simplesmente a_{-1} . Portanto: $2F = a_{-1} + F_1$ onde $0 < F_1 < 1$ e:

$$F_1 = \left(a_{-2} \cdot \frac{1}{2^1}\right) + \left(a_{-3} \cdot \frac{1}{2^2}\right) + \left(a_{-4} \cdot \frac{1}{2^3}\right) + \dots$$

Para encontrar a repetimos o mesmo processo, que não é necessariamente exato. Ou seja, uma fração decimal com um número finito de dígitos pode demandar uma fração binária com número infinito de dígitos. Nesses casos, o algoritmo de conversão normalmente é interrompido depois do número predefinido de passos, dependendo da precisão desejada.

Notação hexadecimal

Em virtude da natureza binária inerente dos componentes de um computador digital, todas as formas de dados são representadas, dentro do computador, por códigos binários. Vimos, anteriormente, exemplos de códigos binários para caracteres e de notação binária para números inteiros. Mais adiante, veremos exemplos do uso de códigos binários para outros tipos de dados. No entanto, embora o sistema binário seja conveniente para computadores é excessivamente ineficiente para seres humanos. Por isso, a maioria dos profissionais de computação que passam grande parte do tempo trabalhando com dados manipulados no computador prefere uma notação mais compacta. Que notação usar? Uma possibilidade seria a notação decimal. Essa notação certamente é mais compacta que a notação binária, mas é desconfortável devido à tediosa conversão entre a base 2 e a base 10.

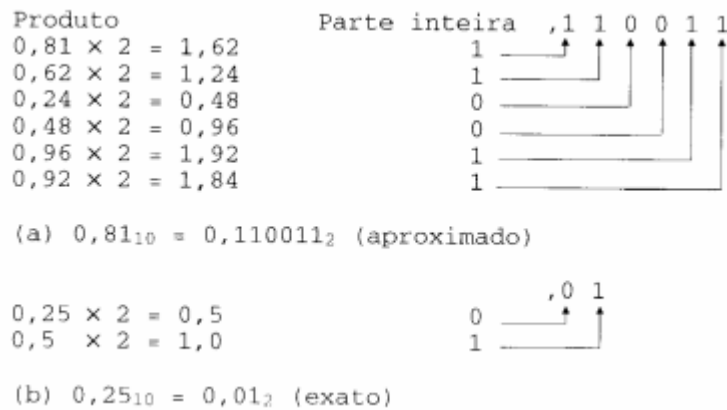


Figura 31: Exemplos de conversão de números fracionários da notação decimal para a notação binária.
Fonte: Stallings (2010, p. 336)

Em vez disso, é adotada uma notação conhecida como hexadecimal. Os dígitos binários são agrupados em conjuntos de quatro. A cada combinação possível de quatro dígitos binários é atribuído um símbolo, como a seguir:

0000 = 0	1010 = A
0001 = 1	1011 = B
0010 = 2	1100 = C
0011 = 3	1101 = D
0100 = 4	1110 = E
0101 = 5	1111 = F
0110 = 6	
0111 = 7	
1000 = 8	
1001 = 9	

Por serem usados 16 símbolos, a notação é chamada hexadecimal e esses 16 símbolos são os dígitos hexadecimais. Uma sequência de dígitos hexadecimais pode ser vista como uma representação de um número inteiro na base 16. Portanto,

$$1A_{16} = (1_{16} \times 16^1) + (A_{16} \times 16^0) = (1_{10} \times 16^1) + (10_{10} \times 16^0) = 26$$

A notação hexadecimal é usada não apenas para representar números inteiros. Ela também é usada como uma notação concisa

para representar qualquer sequência de dígitos binários, mesmo que representem texto, números ou algum outro tipo de dado. As razões para usar notação hexadecimal são as seguintes:

1. É mais compacta que a notação binária.
2. Na maioria dos computadores, os dados binários têm um tamanho que é múltiplo de 4 bits e, portanto, múltiplo de um dígito hexadecimal.
3. É extremamente fácil converter entre as notações binária e hexadecimal. Como um exemplo desse último ponto, considere a sequência de bits 110111100001. Isso é equivalente a

$$\begin{array}{ccc} 1101 & 1110 & 0001 = \text{DE1}_{16} \\ \text{D} & \text{E} & 1 \end{array}$$

Esse processo é realizado tão naturalmente que um programador experiente pode converter representações visuais de dados binários para seus equivalentes hexadecimais mentalmente, sem precisar escrever. É bem provável que você nunca necessite dessa habilidade em particular. Entretanto, essa discussão foi incluída neste texto porque a notação hexadecimal é muito comum e você fatalmente encontrará algum texto em que ela é usada.

Considerando que o sistema binário ou chamado de base 2 é um sistema de numeração posicional, no qual todas as informações do computador são representadas baseadas no número zero (0) e um (1), um processador é formado por portas lógicas básicas (princípio da eletrônica digital) que determina ao circuito que operar em apenas dois níveis de tensão bem definidos.

Em um circuito digital do tipo TTL (*Transistor Transistor Logic*) formam uma classe de circuitos construídos de **transistores** de junção bipolar e também resistores), os dois níveis de tensão padronizados são 0V (zero volt) e 5V (cinco volts). Isso justifica, por exemplo, que o computador compreenderá as informações do circuito a partir dos níveis lógicos como: 0V será representado por "0" e 5V será representado por

"1". Os níveis de tensão intermediários de 0V a 2,5V corresponderá a "0" e a partir dessa tensão, corresponderá a "1".

O sistema binário é a base para a Álgebra booleana (de George Boole – matemático inglês). A Álgebra booleana permite operações tanto lógicas como aritméticas utilizando dois estados (sim ou não, verdadeiro ou falso, ligado ou desligado, 1 ou 0). Nos casos, por exemplo, das informações armazenadas na memória RAM (RAM - *Random Access Memory*, sigla que se refere à memória principal) do computador, a leitura será efetivada pelo formato de voltagem alta, correspondendo (1) e a voltagem baixa (0); e a leitura dos discos magnéticos pelos números binários ocorre pela diferença de polaridade (positiva ou negativa)

É importante o professor enfatizar que os computadores não compreendem absolutamente nada além de comandos, dados e endereços escritos em linguagem do tipo binária. Qualquer humano que se disponha a desenvolver um programa complexo programando em linguagem de máquina, por exemplo, terá dificuldades, antes mesmo de concluir seu trabalho. É nesse aspecto que as linguagens de programação, que permitem escrever programas usando comandos de baixa complexidade, foram desenvolvidas.

SEÇÃO 3.2.1 - Compreendendo os números binários sem o uso do computador

Fellows et al (2011)³ apresentam propostas diferenciadas para o trabalho com os estudantes na educação básica, sobre os saberes a ensinar da área da computação, sem o uso do computador. Apresentam os materiais necessários para cada atividade em sala de aula, bem como a maneira de sistematizar esse conhecimento.



3 Uma proposta de atividades para que o professor trabalhe de maneira lúdica com crianças e adolescente a ciência da computação, foi proposta por Mike Fellows, Tim Bell e Ian H. Witten (2011). Os autores estreitam os caminhos entre os estudantes do Ensino Fundamental e Médio sem a necessária presença do computador. Chamada pelos autores de *Computação Desplugada*, aborda inúmeros conceitos abstratos da computação, tais como números binários, algoritmos, compressão de dados, bancos de dados, dentre outros, de maneira interessante e divertida. Uma grande vantagem da abordagem colocada pelos autores é a independência de recursos de hardware ou software presentes. As "atividades desplugadas" são passíveis de aplicação em locais remotos e sem estrutura de laboratórios aquedados.

Disponível em:

<https://classic.csunplugged.org/wp-content/uploads/2014/12/CSUnpluggedTeachers-portuguese-brazil-feb-2011.pdf>



Números Binários

Início:

A atividade pode ser iniciada pelo professor, separando cinco cartões iguais aos dispostos na sequência, marcados apenas de um lado da folha (verso em branco). Após, escolher cinco estudantes para que segurem os cartões de demonstração posicionados de frente para os demais colegas da turma, na seguinte ordem específica, como mostrado na figura 32:

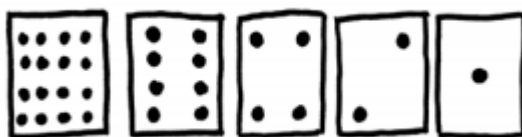


Figura 32: Cartões
Fonte: Computação Desplugada (FELLOWS et al, 2011)

Desenvolvimento:

O professor passa a questionar os estudantes: o que você percebeu sobre o número de pontos nos cartões? E aguarda a resposta. Mesmo que os estudantes não apresentem respostas imediatas, o professor passa a questioná-los, até mesmo efetivando a transposição didática, pertinente a realidade dos estudantes. (Resposta: cada cartão tem duas vezes mais pontos que o cartão à sua direita.).

Quantos pontos teria o próximo cartão colocado à esquerda? (Resposta: 32 pontos).

O professor pode ir perguntando, sistematicamente, até quantos pontos achar necessário de acordo com o rendimento e interesse dos estudantes. Os cartões podem ser utilizados para representar números, basta para isso virar alguns deles para baixo e adicionando os pontos dos cartões com a face para cima. O professor pode pedir aos estudantes para representarem o número 6, por exemplo:

Cartões com 4 e 2 pontos,

Representarem o número 15:

Cartões com 8, 4, 2 e 1 pontos

Representarem o número 21:

Cartões com 16, 4 e 1 pontos

Os demais da turma devem estar atentos aos cartões virados para tentar reconhecer um padrão, pois cada cartão é virado metade das vezes do que as vezes do cartão a sua direita.

Quando um cartão está com a face para baixo, sem mostrar os pontos, o professor deve enfatizar que este cartão é representado por um zero (0). Quando os pontos são exibidos, o cartão é representado por um (1). O professor pode demonstrar para os estudantes que esse é o sistema numérico binário.



Fonte: Computação Desplugada (FELLOWS et al, 2011)

É importante que o professor perceba que esse exemplo é uma atividade na qual a transposição didática está ocorrendo e que o saber a ensinar (disponíveis em livros didáticos) sofrem as transformações adaptativas para cartões com pontos para que os estudantes compreendam o sistema binário. Contudo, o professor, caso necessário, poderá livremente efetivar novas transformações adaptativas para a sala de aula, visto que cada ambiente de práticas educacionais ocorre e se efetiva de diferentes maneiras.

Esta atividade também pode ser desenvolvida em grupos. Por exemplo, o professor pode sugerir dentro da atividade que os estudantes formem o número 01001 e equivaler esse número a um decimal, que no caso, seria o número 9. Ou o professor pode trabalhar após a atividade, com mais exercícios de modo a fixar os conhecimentos dos estudantes, trabalhando com a conversão entre números decimais para binário e vice-versa, como reforço para a aprendizagem dos estudantes.

Fellows et al (2011) apresentam no livro Computação Desplugada, outras atividades das quais também facilitam tanto o ensino do professor quanto a aprendizagem dos estudantes no tocante aos números binários.

Utilizando os mesmos cartões o professor pode iniciar a atividade contextualizando o sistema binário, da seguinte maneira:

O sistema binário utiliza o número zero (0) e o um (1) para representar se um cartão está virado para cima ou para baixo. (O professor pode enfatizar que o número zero (0) indica que os pontos do cartão estão escondidos e o número um (1) significa que os pontos do cartão estão visíveis). Após, pode colocar os cartões organizados da seguinte maneira:



Figura 33: Para cada cartão virado (número zero) os que aparecem (número um)

Fonte: Fellows et al (2011)

Mostrando para os estudantes os cartões, o professor pode problematizá-los quanto ao número binário representado pelos cartões (virados e não virados), atribuindo o número para que o estudante faça a conversão. Como exemplo: vocês sabem qual é o número decimal representado por 10101? E se for o número binário que corresponde a 11111, qual é o número decimal? O professor, segundo os autores, também podem estimular os alunos a escrever o dia do aniversário em binário, como também o aniversário dos demais colegas da turma.

Fellows et al (2011) também apresentam um quadro com códigos para serem decodificados em binário, dos quais podem ser utilizados em sala de aula. O professor pode utilizar a sequência de elementos presentes no quadro (figura 34) que segue como uma situação problema para que os estudantes a resolvam, decifrando-a.

Tente decifrar os seguintes números codificados:

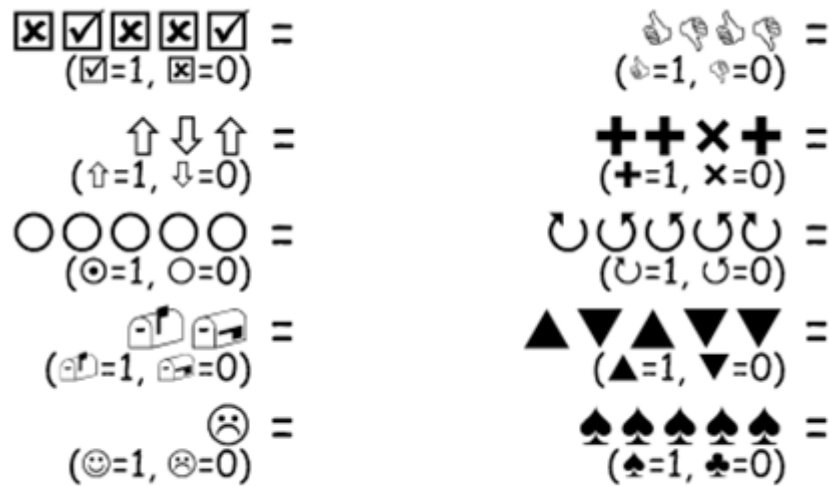


Figura 34: Decifrar os números codificados
Fonte: Fellows et al (2011, p:7)

Ainda os autores trazem em seu livro mais um exemplo para o trabalho com números binários para o caso em que o número zero (0) é colocado ao lado direito de um número qualquer e de um número binário.

Nesse caso o professor pode questionar os estudantes sobre os dois casos distintos: o número zero estar ao lado direito de um número qualquer e de estar à direita de um número binário. Assim, poderá no decorrer da aula trabalhar com vários exemplos em exercícios de fixação, como:

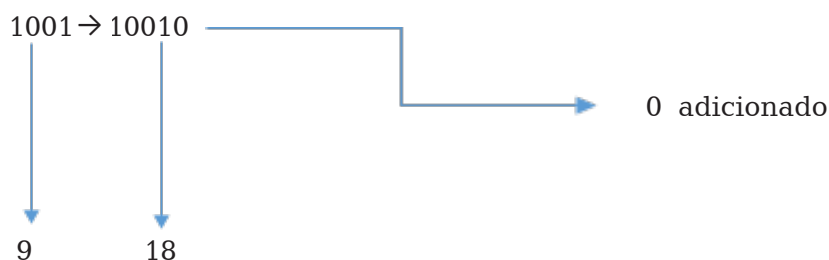
Quando o número zero é colocado ao lado direito de um número de base 10 (decimal) o que ocorre?

Para um número qualquer basta multiplicá-lo por dez (x 10). Por exemplo, para os seguintes números:

Número	x	Multiplicador 10		
7	x	10	=	70
60	x	10	=	600
900	x	10	=	9000

E, para o caso do número zero (0) ser colocado à direita de um número binário?

Para um binário:



E para o número binário: 100100 = 32

O professor pode atribuir outros números binários para que os estudantes pensem sobre a regra que atua para a conversão, bem como por testar as hipóteses envolvidas na regra.

O importante é que o professor problematize até que os estudantes compreendam que a multiplicação é de base 2 para cada um dos casos, no qual o número zero (0) é adicionado à direita do número binário.

Caso o professor ache necessário pode resgatar os cartões para utilizá-los como contexto para os estudantes.

ATENÇÃO



O exemplo aqui colocado de transposição didática não se resume apenas ao conceito discutido. Por este motivo, é importante que você professor pesquise outras fontes de materiais dos quais possibilite abrir novas frentes de trabalho com a transposição didática na área do ensino de computação.

SEÇÃO 4

A PRÁTICA DE ENSINO NA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: PRESSUPOSTOS PARA O TRABALHO EM ELETRÔNICA

As estratégias didáticas-metodologias desenvolvidas pelo professor organiza sua arte de ensinar-aprender, bem como agrega elementos para a construção de sua identidade de professor, tanto na educação formal quanto na não-formal. Para tanto, conhecer o funcionamento ou a operacionalização dos recursos disponíveis na escola e fora dela podem contribuir para que as aulas se dinamizem e tornem-se mais atraentes para os estudantes.

Em uma dessas estratégias o professor pode desenvolver práticas pedagógicas construcionistas. Segundo Valente (1999), o construcionismo está relacionado à construção do conhecimento pelo sujeito a partir da realização de uma ação que produza um produto de interesse pessoal.

Muitas são as dúvidas e questionamentos dos professores quanto ao trabalho com elementos dos quais se construa conhecimento a partir de uma ação na produção de um produto. Nesse aspecto, as aulas de laboratório com atividades práticas (dos quais não necessariamente se detém o conhecimento científico para compreendê-lo – atividades de demonstração) e as atividades teórico-experimentais (das quais é necessário o conhecimento científico para compreender as implicações envolvidas – atividades de laboratório ou aquelas de medir, efetuar cálculos, compilar dados, etc.) fazem parte do universo das práticas educacionais, das quais tornam possível compreender a fabricação e o funcionamento de um produto.

Para a área da engenharia elétrica, por exemplo, a dinâmica no processo ensino-aprendizagem dentre inúmeros fatores, também está atrelado à utilização de sistemas e/ou máquinas na interação: estudante, professor e conhecimento. Tais máquinas construídas de maneira artesanal e com materiais de baixo custo priorizam a compreensão do sistema como um todo, não apenas no seu funcionamento, mas também na sua fabricação. Algumas máquinas contemplam a seguinte taxonomia:

TM (*teaching machine*) - a máquina possui desenho e funcionalidade, visando atender às necessidades didáticas do professor.

LM (*learning machine*) - máquina desenhada para permitir o desenvolvimento de atividades práticas de aprendizagem, focando hábitos especiais nos estudantes.

TLM (*teaching-learning machine*) - para designar a classe de máquinas que contempla, de uma maneira geral e irrestrita, todos os tipos possíveis de máquinas utilizadas nos processos de ensino-aprendizagem.

MMI (*man machine interaction*) – a máquina contempla aspectos relevantes das interações decorrentes entre o homem e a máquina, muito próximo ao popular *human-computer-interaction*.

Para os casos de máquinas utilizadas para o processo de ensino-aprendizagem na área da Engenharia Elétrica. Rosa (2008) enfatiza quatro delas com contribuições diretas ao ensino-aprendizagem: a relé, a bipolar, máquinas MOS e de lógica programável. Para o autor, tais máquinas estão a serviço para desmistificar a micro e macro aplicação de tecnologias modernas de microprocessadores muito úteis e estudados na área da Computação.

O trabalho do professor com a máquina a relé, segundo Rosa (2008), torna possível, por exemplo, a compreensão de todo o princípio da lógica de chaveamento, bem como os postulados da álgebra booleana com seus teoremas e realização das demonstrações por comparação das tabelas verdades. A máquina a relé auxilia no entendimento dos métodos de simplificação dos circuitos elétricos de chaveamento (tanto algébricos, como gráficos e numéricos), na compreensão dos circuitos de chaveamento e entender o limite de velocidade em Hz do circuito com relés (não processam informações superiores a 100 Hz).

A máquina bipolar, por exemplo, resgata os conceitos de junções em projetos de circuitos integrados, tornando possível ao estudante compreender como surgiu alguns circuitos lógicos digitais como: DL (*diode logic*), RTL (*resistor-transistor logic*), DTL (*diode-transistor logic*), TTL (*transistor-transistor logic*) e a ECL (*emitter-coupled logic*). Essa máquina permite ao estudante visualizar internamente os componentes do circuito eletrônico, observando os sinais de tensões e correntes, como também o funcionamento interno das portas lógicas básicas (NOT, NAND, AND, NOR, OR, XOR) (ROSA, 2008).

Outro exemplo é a máquina MOS. Rosa (2008) em seu trabalho apresenta desenhos dos módulos e componentes para uma máquina MOS. Faz um aporte sobre os circuitos integrados produzidos no mundo que utilizam extensamente essa tecnologia devido as suas características econômicas e de simplicidade para a implementação de sistemas complexos. E apresenta também a tecnologia CMOS, empregada na síntese lógica de sistemas digitais complexos em: microprocessadores, microcontroladores, RFID, FPGA, etc.

CMOS - *Complementary Metal Oxide Semiconductor*. Trata-se de uma tecnologia de circuitos integrados de baixíssimo consumo de energia, onde ficam armazenadas as informações do sistema que são acessadas pelo programa BIOS no momento da inicialização do computador. Os dados armazenados no CMOS refletem a configuração do computador (tipo de disco rígido, números e tipo de drives, data e hora, configurações gerais, velocidade de memória, dentre outros.)

BIOS - *Basic Input Output System* – Conjunto de instruções gravadas na memória ROM para que sejam executadas toda vez que o computador é inicializado. A BIOS também pode ser definida como um programa de computador executado toda vez que o mesmo é ligado, com a função de dar suporte de acesso ao hardware; carregar o Sistema Operacional na memória; verificar os circuitos e ainda carregar o *boot*.

Em seu trabalho, Rosa (2008), dividiu a máquina MOS em duas categorias de módulos: em lógica CMOS estática e lógica CMOS dinâmica. Ambas permitem o estudo dos conceitos básicos sobre os circuitos lógicos utilizando-se transistores MOS (NMOS e PMOS). Os módulos da lógica CMOS dinâmica foram construídos para permitir o estudo e análise de circuitos de portas lógicas baseadas em um sinal de *clock*. O autor afirma que tais módulos permitem verificar como as mesmas funções lógicas podem ser obtidas nas diferentes configurações de circuitos utilizando-se transistores NMOS, PMOS, inversores ou mesmo portas básicas (conceitos de Standard Cells e Sea-of-Gates) O objetivo, segundo ele, é que os estudantes compreendam a importância de se utilizar em um circuito capacitâncias parasitárias de porta e de linha, bem como em simular a funcionalidade das portas CMOS dinâmicas a baixíssimas

velocidades. Toda a prática de transposição didática efetivada pelo autor é sistematizada na próxima sessão.

Neste aspecto, com a complexidade dos circuitos digitais, Rosa (2008) atribuiu que as máquinas de ensinar das quais ilustram o funcionamento das Look-up Tables e algumas experiências para se implementar alguns circuitos eletrônicos combinacionais e sequenciais através dos conceitos de máquinas de Moore e Mealy, veem utilizando de softwares em C++ acoplados a porta de comunicação paralela para testar tais projetos.

Para o estudante, estar familiarizado com o funcionamento dos circuitos lógicos com diferentes tecnologias de fabricação de circuitos integrados: portas básicas (NOT, NAND, AND, NOR, OR, XOR, XNOR, Tri-State), chaves analógicas, decodificadores BCD, decodificadores de linha, encoders, comparadores, somadores, latches, flip-flops, contadores, registradores e memórias, enriquece seu aprendizado, mas para isto, é necessário que o professor coloque-se em uma condição de propor diferentes situações de aprendizagem para os mesmos.

Para este fim é necessário que o professor planeje suas aulas de maneira a organizar os elementos dos quais tem prioridade com o conhecimento (saber a ensinar). Ao planejar uma aula, o professor deve ter claro para si, qual é o objetivo da aprendizagem do estudante e como a sua relação e do estudante com o conhecimento ocorrerá durante a aula.

Na sequência é apresentado o trabalho de Rosa (2008) referente a uma prática de ensino utilizando uma máquina de aprendizagem do tipo TLM, para a transposição didática de circuitos integrados.

SEÇÃO 4.1 – A transposição didática de circuitos integrados do tipo CMOS utilizando Módulos Standard Cells

Para este trabalho, Rosa (2008) atribui que o processo de transposição didática permite o desenvolvimento de diversas atividades práticas de ensino elaboradas por uma metodologia de instrução programada – àquela suprida de elementos dos quais os estudantes e o professor usufruam para a compreensão e entendimento das estruturas e funcionamento dos sistemas computacionais, isto é, de eletrônica embarcada.

Levando em consideração o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes nos projetos de circuitos integrados CMOS, Rosa (2008) desenvolveu três diferentes abordagens para atender ao perfil dos estudantes: engenheiros, técnicos e usuários. Para cada uma dessas abordagens relaciona as implicações envolvidas.

Aos estudantes construtores que apresentam o perfil de engenheiro, o professor é o responsável por conduzir os mesmos a construção de conhecimentos de modo que sejam capazes de especificar os materiais a serem utilizados na construção dos módulos; especificar a funcionalidade dos módulos; desenhar o leiaute dos módulos e criar procedimentos e roteiros para orientar as montagens. Aos estudantes montadores que apresentam o perfil de técnico, o professor conduz os estudantes ao domínio de técnicas de montagem dos módulos de acordo com os roteiros e modelos padronizados, estudando a funcionalidade dos mesmos. Aos estudantes com perfil de usuários, o professor media o processo de aprendizagem com atividades didáticas na observação das funcionalidades e manipulação das máquinas.

Para estes três perfis, Rosa (2008) afirma que o professor deve planejar e conduzir de maneira dinâmica e eficiente a aula dentro dos objetivos propostos para a aprendizagem. Segundo o autor, para criar as máquinas de ensino-aprendizagem é necessário modelar o contexto de aprendizagem para se chegar a uma aprendizagem relevante. E ainda, o autor indica que as atividades para o perfil de estudantes construtores são àqueles que podem contribuir para a formação de professores, permitindo executar dinâmicas durante o seu processo formativo.

As transformações adaptativas necessárias efetivadas por Rosa (2008) estiveram direcionadas aos estudantes de ensino médio técnico

em eletrônica, na qual utilizaram máquinas de ensino-aprendizagem para projetar circuitos integrados CMOS. Objetivando instrumentalizar com materiais didáticos as aulas dos professores no ensino de circuitos integrados da tecnologia CMOS, o autor procurou instrumentos disponíveis na internet⁴.

Na sequência é apresentada a fabricação da máquina confeccionada pelo autor. Para compreensão dos softwares utilizados para o funcionamento da mesma, maiores informações você poderá encontrar no material disponibilizado pelo autor⁵.

Proposta de Módulos de Standard Cells – segundo Rosa (2008, p. 64):

O projeto de um CI (circuito integrado) compreende dezenas de etapas que podem ser arranjadas em diferentes fases para formar um fluxo de projeto. De uma forma simplificada, este fluxo de projeto pode ser decomposto por 3 fases: especificação, projeto e validação.

Segundo REIS (2000), a fase de especificação é o ponto de partida de qualquer projeto. A especificação é responsável por definir a aplicação do produto, requisitos de comportamento, a sua arquitetura, tecnologia de implementação, condições de operação, pinagem, entre outros. Essa fase pode ainda incluir etapas de análise de custo e viabilidade do projeto, especificação de IPs (propriedades intelectuais) e definição dos fornecedores e prestadores de serviço.

Segundo GAJSKI (1997), a fase de projeto é a fase responsável pela concepção do projeto e é formada por diferentes etapas dependendo do tipo de projeto, podendo ser digital, analógico ou projeto de sinais mistos. Todos os desenhos das TLMS foram concebidos considerando-se os diversos aspectos de abstração em projetos de CI abordados em GAJSKI (1997): abstração comportamental, abstração estrutural e abstração física-geométrica.



4 Para saber mais sobre o Projeto de bibliotecas Standard Cell CMOS / VLSI usando o Software Francês Alliance, acesse o site: <http://vlsitechnology.org/>
Software Francês Alliance (software livre) voltado para projetos VLSI da Universite Pierre & Marie Currie na França, acesse o site: <http://www-asim.lip6.fr/recherche/alliance/>

5 Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-05022009-094508/pt-br.php>

O hardware utilizado pelos autores em algumas TLMs [ROSA; VAN NOIJE, 2008] foi baseado na funcionalidade do CI CMOS CD4007⁶, lançado pela *Fairchild* no final da década de 70, e vem sendo utilizado como interface entre sinais analógicos e digitais. Este CI contém apenas seis transistores, sendo três NMOS e três PMOS. Um par desses transistores está ligado como um inversor CMOS. Um segundo par de inversor CMOS apresenta os drenos dos transistores desconectados. E, o último par, apresenta os terminais de dreno e fonte desconectados.

Uma boa prática de ensino para desenvolver habilidades de estilo de projetos e verificação de erros em projetos *full custom*, onde o desenho do CI é livremente produzido e verificado pelos próprios alunos, baseia-se completamente na observação de regras de projetos sobre papel milimetrado ou quadriculado. Em ambas as situações, o professor poderá utilizar os recursos de exibição de grades do programa MS-WORD para orientar a documentação dos desenhos coloridos das células padronizadas cujos tamanhos poderão ser modularizados de forma adequada.

Como um jogo de quebra-cabeças, as Standard Cells utilizadas no MS-WORD poderão ser usadas na montagem de TLMs embarcando circuitos integrados com funcionalidade compatível. Na internet podemos encontrar vários sites contendo o leiaute de biblioteca de Standard Cells que poderão ser utilizados para os módulos. As células apresentadas nesse trabalho foram obtidas do site VLSI Technology⁷ e foram desenhadas com um software livre francês conhecido por Alliance⁸. A Figura 35 mostra o desenho de uma TLM com módulos de Standard Cell de uma porta AND2, apresenta um tamanho de 3 cm por 15 cm. Sobre um laminado de papelão grosso (1 ou 2 mm), ou uma placa de circuito impresso (1,6 mm), é colado esse desenho colorido feito no MS-WORD. E, na parte posterior se fixa o CI equivalente (que pode ser soquetado ou soldado em SMD). Na versão em papelão utilizam-se pequenos fios (AWG 28) para ligar os terminais de alimentação (Vdd e Vss), sinais de entrada (A e B) e saída (C). Assim, facilmente implementa-se uma funcionalidade real com eletrônica embarcada à geometria utilizada por uma Standard Cell. Várias células foram desenhadas e implementadas rapidamente por

6 Informações sobre o circuito integrado CD4007C da Fairchild obtido no site do distribuidor JAMECO. Disponível na URL: <http://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/12597.pdf>.

7 Projeto de bibliotecas Standard Cell CMOS / VLSI usando o Software Francês Alliance. Disponível na URL: <http://vlsitechnology.org/>

8 Software Francês Alliance, baseado no conceito de software livre voltado para projetos VLSI da Université Pierre & Marie Curie, França. Disponível na URL: <http://www-asim.lip6.fr/recherche/alliance/>

essa técnica, proporcionando várias atividades práticas em laboratório. Na figura 36 é apresentado o símbolo lógico da porta AND2 com o equivalente esquemático de transistores MOS.

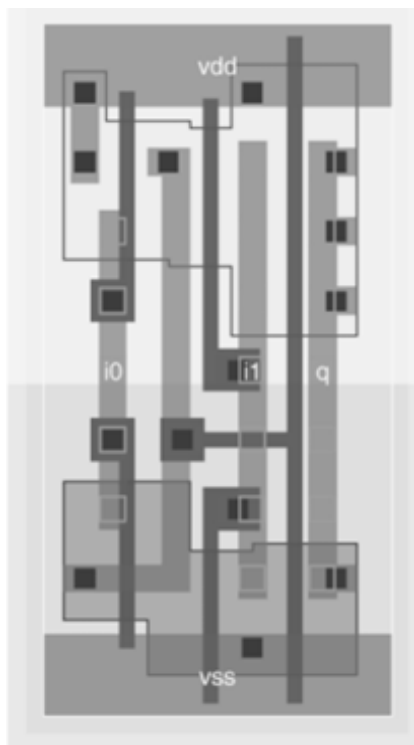


Figura 35: TLM de um módulo de porta AND2 Standard Cell (15 cm de altura)
Fonte: ROSA, 2008, p.66

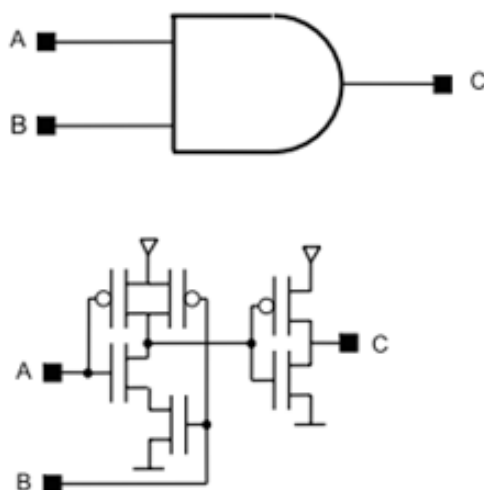


Figura 36: Símbolo lógico da porta AND2 com o equivalente esquemático de transistores MOS
Fonte: ROSA, 2008, p.66

Para a compreensão dos conceitos envolvidos, diferentes abordagens didático-metodológicas podem ser efetivadas pelo professor para que os estudantes venham a compreender de maneira prática, como um saber sábio sistematizado em saber a ensinar se organiza e ainda, como outras transformações adaptativas da prática docente (como no caso de se utilizar módulos construídos de material de baixo custo que simule circuitos integrados) levam os estudantes a compreensão tanto do conceito quanto do fenômeno envolvido. Na sequência é apresentado os materiais, segundo Rosa (2008) para a construção dos Módulos Standard Cells:

Os materiais necessários para a construção dos módulos:

- Desenho do leiaute das placas (papel e papelão).
- Tesoura, estilete, furadeira, punção e vazadores.
- Molas de aço comum.

As figuras que seguem mostram uma sequência dos materiais, bem como a organização para a montagem dos módulos Standard Cells segundo Rosa (2008, p 77).

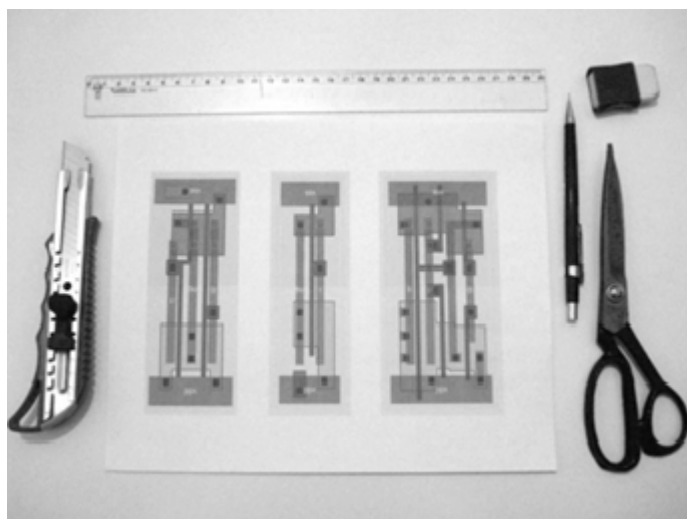


Figura 37: Módulos NAND2, INVERTER e AND2 de Standard Cells de 15 cm de altura, impresso em jato de tinta colorido sobre papel couché fosco, tamanho A4.

Fonte: ROSA, 2008, p. 77

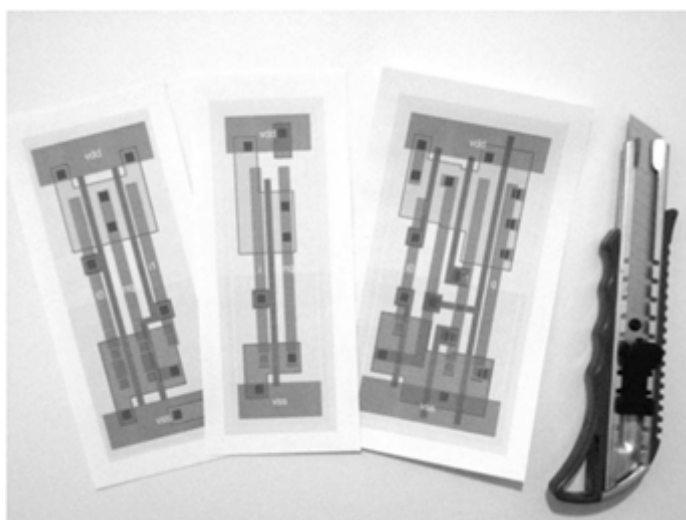


Figura 38: Módulos NAND2, INVERTER e AND2 de Standard Cells de 15 cm de altura, com os módulos cortados e separados com estilete. Impressão em jato de tinta colorido sobre papel couché fosco. Fonte: ROSA, 2008, p. 78

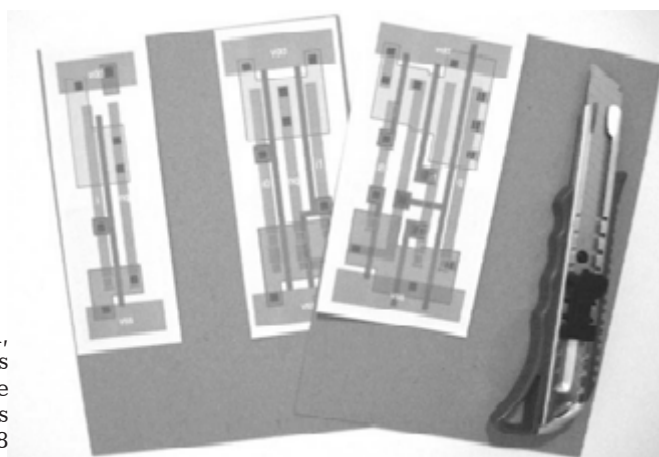


Figura 39: Os Módulos INVERTER, NAND2 e AND2 de Standard Cells de 15 cm de altura, servindo de molde para cortar o papel couro com estiletes. Fonte: ROSA, 2008, p. 78

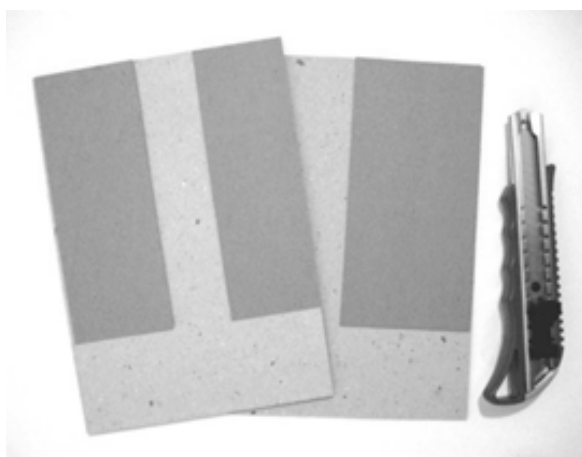


Figura 40: O papel couro cortado servindo de molde para cortar com estilete o papel pardo de 2 mm de espessura. Fonte: ROSA, 2008, p. 79

Figura 41: Os Módulos NAND2, INVERTER e AND2 Standard Cells, apresentado em conjuntos completos já cortados: o papel *couché* com o desenho colorido, o papel couro e papel pardo

Fonte: ROSA, 2008, p. 79

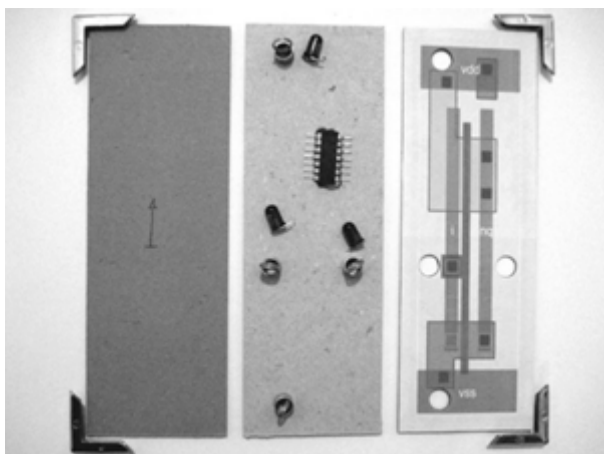
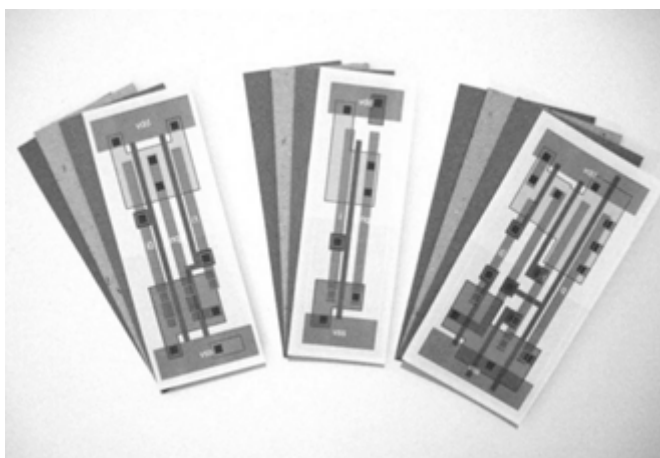


Figura 42: Vista explodida com todos os elementos usados na montagem do Módulo INVERTER.

Fonte: ROSA, 2008, p. 80

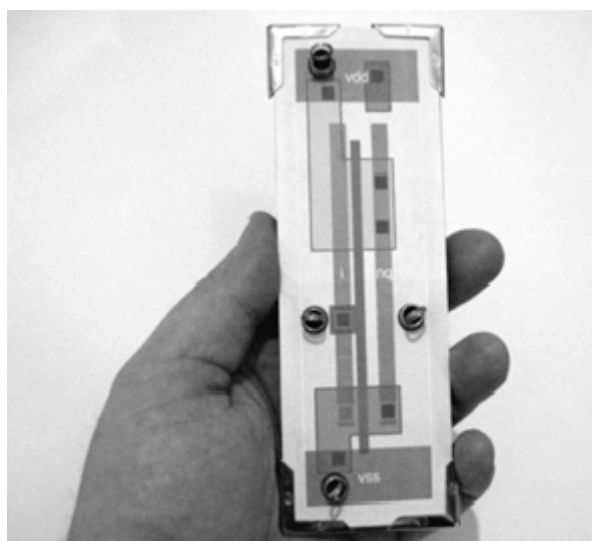


Figura 43: Módulo INVERTER de Standard Cells completamente montado e testado

Fonte: ROSA, 2008, p. 80



Figura 44: Vista do detalhe dos LEDs inseridos dentro das molas.
Fonte: ROSA, 2008, p. 81

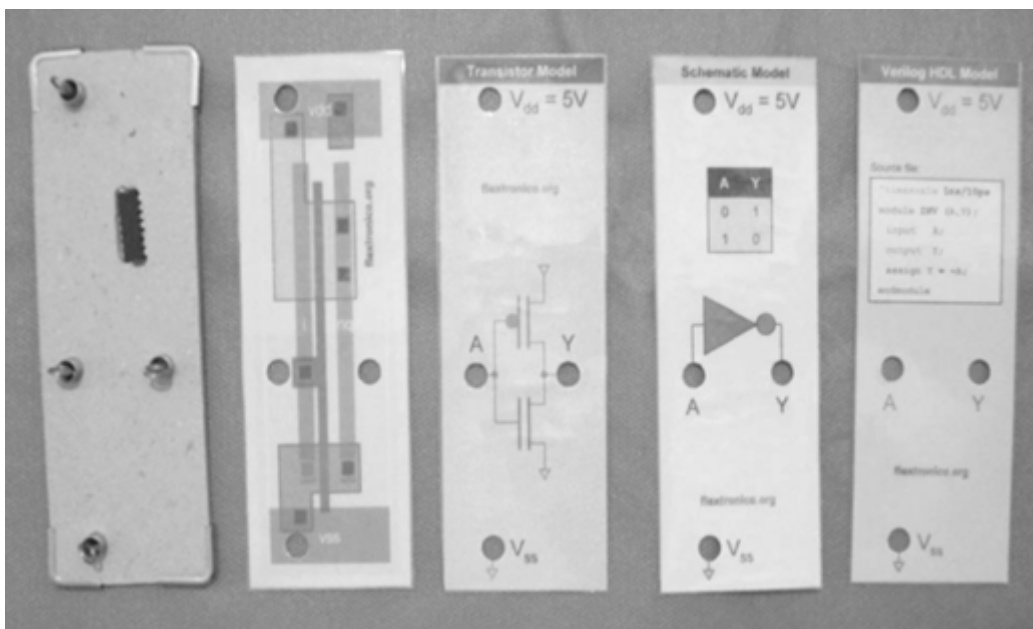


Figura 45: Módulo INVERTER Standard-Cells conjuntos completos de máscaras de impressão jato de tinta sobre papel couché e com plastificação em dupla face a quente
Fonte: ROSA, 2008, p. 81

Figura 46: Os módulos embalados nas suas respectivas caixas de proteção: INVERTER (caixa nº 1), NAND2 (caixa nº 2) e AND2 (caixa nº 3 – sem numeração aparente na caixa).
Fonte: ROSA, 2008, p. 82



Para tanto, a proposta de ensino-aprendizagem, apresentada por Rosa, utiliza-se de um dispositivo – uma máquina na qual facilita tanto para o professor colocar em prática o conhecimento trabalhado, quanto para o estudante visualizar o fenômeno. Tal máquina aproxima-se do chamado ensino-aprendizagem por TLMs (*teaching-learning machines*). As TLMs são reconhecidas como recursos didáticos complementares a prática educativa do professor na utilização de tecnologia aplicada ao ensino. Para Auricchio (1978) as máquinas utilizadas no ensino-aprendizagem podem identificar os possíveis problemas críticos tanto no ensino por parte do professor, quanto em revelar os níveis de aprendizagem pelos estudantes.

Os recursos didáticos direcionados as TLMs para CMOS são máquinas de ensino-aprendizagem criadas para auxiliar a formação tanto técnica do estudante, como também profissional, além de contribuir de maneira efetiva para o ensino por parte do professor e para a aprendizagem por parte do estudante. Segundo Rosa (2008), o ponto central das TLMs para CMOS reside na eficiência do processo pedagógico, pois promove que os estudantes trabalhem na prática com os conhecimentos adquiridos e àqueles ainda em processo de compreensão. O autor acredita que as máquinas de ensino-aprendizagem auxiliam os professores nas atividades práticas de ensino em projetos de Circuitos Integrados CMOS, facilitando o entendimento dos estudantes sobre as propriedades elétricas dos circuitos, estimulando a criatividade e desenvolvendo habilidades em projetos microeletrônicos.

A plataforma de hardware utilizada para máquinas de ensinar e aprender apresenta grande flexibilidade ao professor por oferecer maior agilidade na montagem de projetos e ao estudante por aumentar a eficiência no rendimento escolar, no tocante a aprendizagem. A mesma facilita a realização de diversos tipos de testes mesmo utilizando materiais de baixo custo. Utilizar instrumentos no processo ensino-aprendizagem, como o aqui apresentado, não se restringe apenas a área da eletrônica, embora o contexto esteja direcionado a ela. O professor pode efetivar as transformações adaptativas necessárias para que módulos mais sofisticados sejam elaborados, permitindo a compreensão de sistemas mais complexos, por exemplo, a arquitetura de um pequeno

microprocessador ou microcontrolador de 8 ou 16 bits. Ou também, por promover que os estudantes observem o que ocorre internamente em um microprocessador de 8 bits, quando um ciclo de instrução se completa. Poderia ainda, trabalhar com uma frequência de *clock* de 1 Hz ou menos para permitir uma análise visual e monitoramento passo a passo durante um ciclo de busca, decodificação e execução das instruções.



ANOTAÇÕES

As Máquinas de Ensinar na Prática de Ensino: alguns pressupostos

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Compreender as implicações envolvidas nas máquinas utilizadas no processo ensino-aprendizagem de maneira efetiva e significativa.

ROTEIRO DE ESTUDOS

- SEÇÃO 1 – Introdução
- SEÇÃO 2 – Algumas palavras sobre o behaviorista Burrhus Frederic Skinner
- SEÇÃO 3 – Compreendendo o behaviorismo de Burrhus Skinner
- SEÇÃO 4 – As máquinas de ensinar de Skinner
- SEÇÃO 5 – A Máquina de ensinar de Skinner – a instrução programada
- SEÇÃO 6 – O computador como recurso diferencial na abordagem pedagógica

PARA INÍCIO DE CONVERSA

Caro (a) Aluno (a),

Nesta unidade, você sistematizará seus conhecimentos da Computação implicados ao Ensino. Para tanto, você será levado (a) a construir novas concepções científico-educacionais sobre o teórico da educação Burrhus Skinner. Com concepções direcionadas ao processo da aprendizagem do estudante com a utilização de máquinas, Skinner forneceu instrumentos para organizar alguns meios para que os estudantes pudessem aprender.

Neste aspecto, é apresentado nessa unidade alguns pressupostos para o trabalho docente com as máquinas de ensinar, na qual você, como futuro professor de Computação, organizará os pressupostos de sua prática docente de maneira a compreender as implicações envolvidas nas máquinas utilizadas no processo ensino-aprendizagem, de maneira efetiva e significativa.

Que você, durante o estudo cuidadoso desse material, passe a sistematizar e construir seus fundamentos sólidos, agregando elementos significativos para a 'arte docente'.

SEÇÃO 1

INTRODUÇÃO

Ambientes de práticas pedagógicas que convergem para um processo de ensino-aprendizagem híbrido é aquele no qual a interação homem-máquina estão presentes na complexidade do conhecimento. Um ambiente híbrido é aquele no qual as práticas educacionais do professor convergem para a utilização de aparatos e dispositivos eletrônicos, técnicos ou tecnológicos. A mediação do professor ao compartilhar e construir com os estudantes conhecimentos pelo celular, em sala de aula com a utilização de aplicativos, softwares de realidade aumentada, vídeos, dentre outros, são exemplos de um ambiente híbrido de ensino-aprendizagem.

Há uma tendência hoje para uma formação generalista, àquela no qual os saberes são conhecidos pelas massas de maneira resumida. Essa formação mais abstrata baseia-se na articulação conceitual entre tais saberes. Ao passo que uma formação especialista está direcionada ao desenvolvimento de habilidades profissionais com conhecimentos técnicos, distantes do mundo acadêmico. A escola hoje se responsabiliza pela apropriação do conhecimento do sujeito, visto que o mesmo não constrói o saber na escola. Contudo, a apropriação desse conhecimento pelo sujeito deve conduzi-lo a modificar a sua atual condição na sociedade, no sentido de que possa compreender o funcionamento da mesma, sem se sentir alienante ou alienado.

Considerando hoje o ensino da leitura e da escrita, por exemplo, esse vem sofrendo mudanças a partir do início deste século. Fatores como os avanços científicos, as práticas sociais de comunicação e as novas tecnologias têm exigido novas propostas para o ambiente escolar no ato de alfabetizar. Contudo, as mudanças nas práticas de ensino independentemente da área, todas estão ligadas de maneira direta ao "conteúdo" e a "prática do professor".

Ao "conteúdo" de maneira apropriada a Transposição Didática de Chevallard é capaz de orientar o professor para que as transformações adaptativas sejam condizentes a realidade dos estudantes. E quanto à

“prática do professor”, as máquinas de ensinar a partir da concepção de Burrhus Skinner, podem contribuir de maneira efetiva se utilizadas a partir da relação: professor, estudantes e conhecimento.

Logo é pontuado na sequência alguns pressupostos da teoria behaviorista de Skinner, bem como as implicações envolvidas nas máquinas de ensinar, dentro do contexto educacional como processo de ensino-aprendizagem.

SEÇÃO 2

ALGUMAS PALAVRAS SOBRE O BEHAVIORISTA BURRHUS FREDERIC SKINNER

.....

O professor Marco Antônio Moreira (1999), no terceiro capítulo do livro *Teorias de Aprendizagem*⁹, apresenta de maneira sistemática a teoria behaviorista de Burrhus Frederic Skinner. Estadunidense, graduou-se em inglês, fez seu mestrado e doutorado em psicologia pela Universidade de Harvard e, assim como outros teóricos behavioristas, seu objeto de estudo estava no controle do comportamento observável, levando em consideração as variáveis - estímulos (*input*) e respostas (*output*), ignorando as variáveis intervenientes.

Skinner foi o principal representante do condutivismo nos EUA (Prass, 2012), onde explicava o comportamento humano e animal em termos de respostas a diferentes estímulos. A teoria behaviorista de Skinner é aquela que centra sua atenção no **comportamento observável** e não nos processos intermediários de estímulo e resposta. Ignorando as variáveis intervenientes, controle e previsibilidade das relações entre os estímulos e as respostas, Skinner não considerava o behaviorismo



9

Para saber mais, faça a leitura do livro:
MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU. 1999.

como um estudo científico do comportamento, mas sim uma Filosofia da Ciência que se preocupava com os métodos e objetos de estudo da psicologia (SÉRIO, 2005).

Skinner desenvolveu a Teoria do Reforço, na qual o comportamento é reforçado por suas consequências, por meio de eventos subsequentes a um comportamento, chamado de reforçadores. Estes reforçadores podem ser **positivos** com certa recompensa para respostas repetidas ou **negativos** com certa consequência desagradável que tende a eliminar a resposta.

Esse psicólogo se baseia no **condicionamento operante** com o pressuposto de que o organismo está em processo de agir sobre o ambiente. Durante esta ação o organismo encontra-se com um determinado tipo de estímulo, chamado de estímulo reforçador. Este incrementa o estímulo operante (o comportamento que ocorre imediatamente depois do reforçador).

A **aprendizagem** é um termo muito mais amplo do que o condicionamento, pois se refere a mudança de comportamento produzida pela experiência. Assim, se o reforço não é dado após uma resposta condicionada, será um procedimento de extinção, com o objetivo de diminuir a frequência de respostas até igualar-se a antes do condicionamento. Se uma resposta é impedida de ocorrer por um período de tempo após o condicionamento será um procedimento de esquecimento.

Logo, para que se produzam mudanças desse comportamento, pode ser utilizada a **modelagem** ou **método de aproximações sucessivas**. Esse método consiste em realizar o reforçamento positivo das respostas similares àquela que se deseja obter, até que este comportamento seja condicionado. Ele apresenta ao sujeito uma resposta inicial, seguida de condicionamentos de aproximações sucessivas das respostas intermediárias, com o objetivo de chegar a resposta desejada.

Tais métodos podem ser facilmente compreendidos pela experiência chamada de "caixa de Skinner", como mostra na figura 47. Esta caixa contém um pedal que acionado por um rato, por exemplo, o libera uma porção de comida. O operante e o comportamento imediatamente precedente ao reforçador faz com que o rato acione o pedal, pois receberá comida (PRASS, 2012).

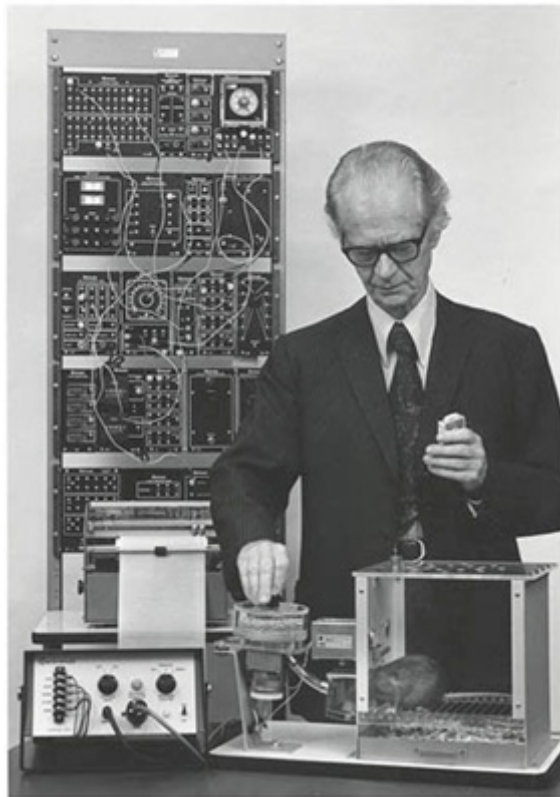


Figura 47: Burrhus Frederic Skinner manipulando a “Caixa de Skinner” aparelho adequado para o estudo em animais.
(FONTE: acervo da UFRGS)

De acordo com seus experimentos, Skinner atribuiu que o comportamento para a aprendizagem ocorre em igual proporção em quaisquer organismos vivo. A caixa proposta pelo psicólogo passou a revelar o resultado da aprendizagem dos comportamentos, dos quais estão na ação do organismo sobre o meio e o efeito resultante, no sentido de satisfazer alguma necessidade. Essa relação se estabelece entre uma ação e o seu efeito. Esse condicionamento operante é entendido por Skinner pelo que chama de *estímulo-resposta*, isto é, o estímulo das ações desempenhadas está nas consequências apresentadas.

Skinner inspirou-se para criar a sua caixa de condicionamento operante, como uma extensão das caixas de quebra-cabeça que Edward Thorndike usou em sua pesquisa sobre a Lei do Efeito. O próprio Skinner não se referia ao dispositivo como uma caixa e utilizava o termo *lever box* ('caixa alavanca').

O psicólogo também utilizou pombos em seus experimentos. Colocados nas caixas passavam a receber uma bolinha de comida por bicar

uma alavanca. Os pombos que efetuavam o comportamento esperado recebiam comida como resposta (reforço contínuo) ao comportamento executado, enquanto outros recebiam uma bolinha de comida somente após um período de tempo ou em número de respostas desejáveis (reforço parcial). Para o reforço parcial de Skinner, alguns pombos recebem uma bolinha de comida após bicar sucessivas vezes o dispositivo da alavanca, o que os condicionava para executarem repetidas vezes o mesmo ato até que recebessem novamente uma bolinha de comida.



Figura: 48 - Skinner e os pombos utilizados para seus experimentos de condicionamento.

Fonte: Wikipédia Commons

Na perspectiva de Skinner ao contexto escolar, o ensino ocorre apenas quando o que precisa ser ensinado pode ser colocado sob o controle de certas contingências de reforço. O papel do professor no processo institucional é o de arranjar as contingências de reforço de modo a possibilitar ou aumentar a probabilidade com que o aprendiz apresente a resposta desejada. Ainda, o bom ensino depende de organizar eficientemente as condições estimuladoras, de modo a que o aluno saia da situação de aprendizagem diferente de como entrou. O objetivo do behaviorismo de Skinner estava centrado no estudo científico do comportamento, no sentido de que as leis naturais se aproximassem das reações do organismo que aprende, através do comportamento operante da motivação, retenção e transferência.

Segundo Ostermann e Cavalcanti (2010), no Brasil a influência da pedagogia tecnicista remonta à segunda metade dos anos 50, mas foi introduzida mais efetivamente no final dos anos 60 com o objetivo de inserir a escola nos modelos de racionalização do sistema de produção capitalista. E atualmente, como a influência de Skinner se efetiva no ambiente escolar?

SEÇÃO 3

COMPREENDENDO O BEHAVIORISMO DE BURRHUS SKINNER

.....

O nascimento do movimento Behaviorista ocorreu nos Estados Unidos, no início do século XX. Objetivando o estudo do ser humano como uma ciência natural, assim como a Física e a Biologia na época, foi influenciado pelo movimento funcionalista, (fenômenos servem a um propósito).

Essa vertente teve como princípio a libertação do idealismo como objeto de estudo de situações observáveis sobre o ser humano. O estudo do ser humano passava então de apenas indagações filosóficas para então se tornar uma disciplina científica.

John B. Watson foi o pioneiro em utilizar o termo 'behaviorismo' em 1913, rompendo com a tradição da filosofia no estudo da psicologia ao eleger um objeto de estudo que pudesse ser observável, mensurável e passível de ser reproduzido em diferentes condições, tornando-se uma psicologia científica por buscar a relação entre o comportamento observável e o ambiente onde esse ocorre. O estudo das emoções e da personalidade humana, até então encarados como subjetivos, passaram a ser objetos de pesquisas objetivas. Esse fato ficou conhecido como a lei do behaviorismo (teoria estímulo-resposta), em que o homem passa a ser estudado como resultado de um processo de aprendizagem durante toda a sua vida.

Outra corrente, a chamada de behaviorismo metodológico foi determinada pelas pesquisas de Watson em suas observações de cunho científico sobre o comportamento, aproximando-se de vertentes positivistas e operacionalistas. Nessa vertente, contudo, os fatores internos da mente humana eram ignorados, não sendo objetos de estudos científicos por não serem observados por um observador externo.

Desde então, o behaviorismo metodológico passou a receber críticas da academia, surgindo o movimento das Ciências Cognitivas. Esse movimento foi fundamental para o surgimento da Inteligência Artificial, pois os modelos cognitivistas para a mente, intrinsecamente ligam-se aos ramos da ciência da computação. Paralelamente surge o behaviorismo radical, que passou a ser utilizado pela primeira vez em 1945 pelo seu criador Burrhus F. Skinner, objetivando superar o dualismo 'corpo-mente'.

As Ciências Cognitivas surgiam como uma alternativa para a construção de uma ciência da mente humana. E paralelamente, o behaviorismo radical era estabelecido como uma filosofia da natureza do ser humano e de seu comportamento. Esse por sua vez, estaria muito bem desenvolvido no tocante ao modelo computacional da mente humana, trabalhando juntamente com as ciências cognitivas, caso Avram Noam Chomsky, considerado o pai da linguística moderna, filósofo e ativista político norte-americano não tivesse criticado demasiadamente e severamente Skinner em sua arte de manipular os estudantes com suas máquinas.

Com fortes críticas na década de 1960 e Skinner defendendo-se e acreditando em suas concepções de utilização da máquina para a aprendizagem, essas caem em desuso, ressurgindo mais fortemente na década de 1990. A psicologia estadunidense moderna passou resgatar as concepções do autor analisando de maneira experimental o comportamento humano. Era o início dos trabalhos da ciência, além do Skinner, sobre a Inteligência Artificial.

Assim, Skinner foi o responsável por inaugurar uma nova concepção de homem submetido a leis universais que são passíveis de serem conhecidas. Sendo seu comportamento não somente mental (o que o mesmo sente), mas também a sua genética e o ambiente do qual está inserido.

As máquinas de ensinar de Skinner nada mais são do que 'uma prova' da aprendizagem, modeladas pelas variáveis externas (ambiente), a partir dos processos básicos de condicionamento (clássico e operante) dos processos de aprendizado do homem.

Na concepção de Skinner:

A síntese do comportamento humano está nos processos de aprendizado, relacionados com o ambiente no qual o organismo se encontra. O comportamento humano é controlado por suas consequências.

Para Skinner são quatro os conceitos básicos para se compreender o behaviorismo radical: comportamento, resposta, ambiente e estímulo.

- Comportamento - qualquer relação entre um organismo e o ambiente. O comportamento é uma relação entre a atividade ou ação (observável ou não observável, como, por exemplo, o pensamento) de um organismo – conhecido por resposta e os eventos do ambiente, conhecido por estímulo.

O conceito de comportamento para Skinner é além das ações observáveis. As emoções, pensamentos, conhecimento, sentimentos e a memória também são comportamentos (privados de cada pessoa), dos quais são acessados a partir da análise do comportamento verbal e não-verbal do sujeito condicionado a aprendizagem, por exemplo.

- Ambiente - situação onde um comportamento ocorre. Nele estão os estímulos (situações específicas para aparecer um comportamento). Um estímulo, ou conjunto deles está atrelado a causa de um comportamento (chamado de contingência), ou uma resposta do ambiente a um comportamento (chamado de reforço). O ambiente pode ser formado por entidades materiais (objetos e seres vivos) ou também por entidades não-materiais (regras, leis e cultura).

Um exemplo para a compreensão do comportamento está nos seres humanos enquanto bebês. No início do seu desenvolvimento um bebê tende a apresentar comportamentos aleatórios e espontâneos. Alguns desses são reforçados pela família com estímulos de repetição, carinho, comida, dentre outros. Deixando de ser bebê a criança também passa a ter comportamentos reforçados pelos familiares durante todo o seu crescimento, alguns reforçadores persistem, pois fazem parte da cultura

ou personalidade daquele que educa a criança, outros reforçadores deixarão de existir, pois estão adequados a faixa de idade, desenvolvendo seus próprios padrões de comportamento operante.

O behaviorismo radical sobreviveu a duras críticas e ultrapassou a fronteira da psicologia e da educação. Está presente hoje na antropologia, linguística, na neurociência e nos estudos sobre a Inteligência Artificial. Skinner afirmava, antes mesmo de sua morte na década de 1990, que as máquinas tornaram-se mais parecidas com as criaturas vivas. Os organismos vivos têm sido encarados cada vez mais como máquinas (SKINNER, 2003).

Tais máquinas de Skinner não se resumiam em testar a aprendizagem dos estudantes e avaliá-los, mas também em ensiná-lo. O autor preocupava-se com o fato da aprendizagem também ocorrer momentaneamente, assim que uma avaliação era realizada, por exemplo, utilizando a máquina, posto que efetivasse o processo. Além de que as máquinas quando utilizadas para ensinar contribui para que o professor dinamize sua turma, levando em consideração aquele estudante que aprende no seu ritmo.

Para Skinner existem muitas deficiências na prática docente no tocante aos métodos de ensino. Uma dessas deficiências é o controle aversivo que envolve, por exemplo, a retirada de privilégios e repressão dos estudantes. Para ele, o estudante passa grande parte da infância e juventude na escola executando coisas das quais não gosta. Esse faz as tarefas por obrigação, uma vez que o professor é aquele que detém o poder e autoridade, mas com o tempo o estudante vai organizando suas próprias concepções e não se sujeita mais a tais regras por imposição. Isso ocorre segundo Skinner, pois o estudante não tem reforço positivo na escola para que goste de estudar e goste de aprender. Além de tais comportamentos, o estudante passa também a chegar atrasado ou faltar à aula, não retém sua atenção à aprendizagem, passa a chamar atenção dos demais colegas para si durante as aulas, pode até mesmo tornar-se agressivo e abandonar os estudos.

Embora Skinner estivesse convicto de que os professores, na maioria das vezes, não utilizam de controle aversivos para a aprendizagem dos estudantes, tais técnicas existem atualmente e, segundo o psicólogo, as mesmas não desenvolvem uma aprendizagem eficaz no estudante.

Para ele, o natural para a aprendizagem eficaz seria que os estudantes se mantivessem como crianças, não no sentido da idade cronológica e maturidade, mas no sentido de naturalmente as mesmas serem curiosas e aprenderem pelo método da descoberta.

Skinner ainda atribui que a descoberta não soluciona o problema da educação, antes é necessária uma cultura regada a conhecimentos, práticas sociais e éticas. Certamente, estudantes devem ser motivados pelos professores para questionarem, explorarem e estudarem para serem criativos. Os estudantes não aprendem simplesmente fazendo, executando exercícios ou praticando. Assim como o simples fato de estar em contato com um determinado ambiente não significa que o mesmo o perceberá. Para ocorrer a aprendizagem para Skinner é necessário organizar as 'contingências de reforço sob as quais os estudantes aprendem'.

Para tornar o estudante competente em qualquer área ou conteúdo, segundo Skinner, basta subdividir os conhecimentos em pequenas partes, cada qual com reforços contingentes para uma conclusão satisfatória. Para o caso da sala de aula o psicólogo atribui as máquinas de ensinar com elementos para possibilitar a aquisição do conhecimento, pois contribuem para as contingências de reforço.

Para Skinner (1974) a aprendizagem programada e as máquinas de ensinar seriam os meios mais apropriados para a aprendizagem escolar. Em 1950, propôs sua primeira máquina para ensinar usando o conceito de instrução programada, dentre outras máquinas das quais são apresentadas na sequência.

SEÇÃO 4

AS MÁQUINAS DE ENSINAR

.....

Skinner, durante sua vida destinada as pesquisas empíricas sobre a aprendizagem dos seres vivos, desenvolveu algumas máquinas para auxiliar o professor no desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes, como as mostradas nas figuras que seguem:

- Máquina de ensinar musicalmente:



Figura 49: Máquina de ensinar – “pensar musicalmente”. A máquina toca notas isoladas, intervalos, melodias, dentre outros, ao mesmo tempo em que estudante as indica nas teclas. A máquina provê presentes com balas, moedas ou fichas para os acertos dos estudantes.
(FONTE: acervo da UFRGS)



Figura 50: Máquina para o ensino de aritmética. Espaços são deixados em branco no material inscrito, no qual o estudante deve completar ao mexer em um cursor que apresenta as respostas. Com o cursor na posição escolhida, a máquina reconhece a resposta. Se correta, o estudante passa a responder outra questão. Se errada, o estudante não avança para a pergunta seguinte até que a responda corretamente. (FONTE: acervo da UFRGS)

Figura 51: Máquina de ensinar ortografia e aritmética. Para cada acerto o cursor é movido pelo estudante para que execute uma nova questão. Caso este não acerte a resposta deve tentar novamente respondê-la. (FONTE: acervo da UFRGS)



Figura 52: Aparelho de Pressey - máquina utilizada para aplicar testes, avaliar e ensinar. A máquina efetuava testes de múltipla escolha nos estudantes, gerando resultados da aprendizagem do estudante ao professor. (FONTE: acervo da UFRGS)

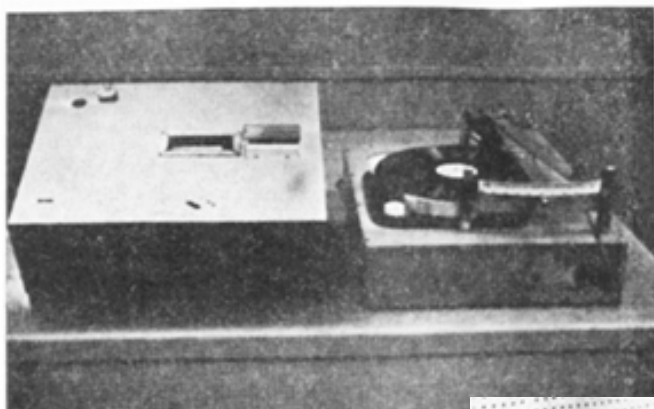


Figura 53: Máquina que colhe respostas escritas em papel impresso no formato de disco e apresenta a resposta correta ao estudante. A cada resposta correta o estudante move a alavanca para marcar (perfurando) o papel com a resposta certa. À medida que o disco é percorrido, novas perguntas surgem para que o estudante observe seu acerto ou erro. (FONTE: acervo da UFRGS)

Figura 54: Máquina que corrige as respostas dadas pelo estudante para cada pergunta nela inscrita. (FONTE: acervo da UFRGS)

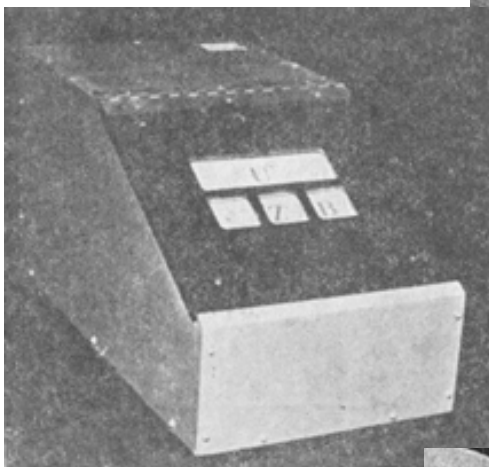


Figura 55: Máquina para ensinar escolhas corretas. (FONTE: acervo da UFRGS)

Figura 56: Máquina para ensinar a padrões visuais e auditivos. (FONTE: acervo da UFRGS)



SEÇÃO 5

A MÁQUINA DE ENSINAR DE SKINNER - A INSTRUÇÃO PROGRAMADA

.....

Para o campo educacional as contribuições de Skinner apresentam a chamada instrução programada com as máquinas de ensinar. As máquinas de Skinner, cada qual com sua especificidade, executam funções direcionadas a coletar dados sobre a aprendizagem do estudante.

Skinner acredita que as máquinas de ensinar apresentam vantagens em relação a demais métodos didático-metodológicos do professor. Com os estudantes conduzindo seu próprio processo na interação com a máquina, passa a compor suas repostas em vez de escolhê-las dentre um conjunto de alternativas disponíveis. Esse processo requer do estudante ativar funções cerebrais das quais o permita articular conceitos aprendidos para apresentar respostas corretas. O objetivo da máquina nesse ínterim é assegurar ao professor, como também ao estudante, o resultado da aprendizagem.

As máquinas em momento algum retiravam a função do professor no processo ensino-aprendizagem, mas estreitavam os caminhos para que ambos: professor e estudante visualizassem os elementos que foram, ou não, ensinados e aprendidos. Para Skinner suas máquinas executavam a tarefa de um professor particular, pois em uma classe nem sempre todos os estudantes detêm do mesmo processo de aquisição de conhecimentos.

Quanto à instrução programada, máquina de Skinner baseada no modelo de programa: informação-pergunta-resposta-comprovação da resposta, embora a máquina não ensine, ela coloca os estudantes em contato com o professor ou a pessoa que escreve o programa. Para Skinner a máquina mantém o estudante ativo e alerta, permitindo ao professor um maior espaço para dinâmicas de discussões em diferentes aspectos na sala de aula.

O sucesso das máquinas utilizadas no processo ensino-aprendizagem no ambiente escolar, por exemplo, depende, naturalmente, da instrução/material nelas empregado. Quando o professor cria seus próprios programas para o ensino-aprendizagem de seus estudantes é

sim uma fonte de material. E quando utilizam softwares, esses devem estar direcionados em como podem contribuir de maneira efetiva para a aprendizagem significativa. Utilizar as máquinas para a aprendizagem facilita a própria apreensão dos estudantes, visto que cada sujeito é único e aprende a sua maneira.

Para Skinner, a instrução programada leva o estudante ao conhecimento e ao aprendizado.

A instrução programada se organiza na minimização dos erros e na supervalorização dos acertos mediante avaliações de acordo com o ritmo do estudante. Outro exemplo é o método Keller (Moreira, 1999) que parte da instrução programada dividindo o conteúdo em unidades acompanhadas por um roteiro, sendo a avaliação, o elemento de finalização para o seu término. Está baseado na teoria do **reforço positivo** que é caracterizada principalmente pelo término de uma unidade, aumentando a probabilidade de uma nova resposta. Neste, o comportamento é **modelado**. Outro exemplo é o ensino organizado a partir de **objetivos** que explicam o que se espera do estudante após receber a instrução, evidenciando uma aprendizagem eficaz. É inegável a influência nas práticas instrucionais contemporâneas aos pressupostos da teoria de Skinner, das quais influenciou procedimentos de toda a educação norte-americana e hoje está na maioria das escolas pelo mundo todo.

Diante desses aspectos, alguns questionamentos se fazem presentes como: quais as razões pelas quais os professores ainda utilizam sistemas de avaliação nas escolas, como um processo de condicionamento, pelo reforçamento das respostas que querem obter? Ou ainda, em que momento realmente ocorre a aprendizagem pelo comportamento observável e as contingências de reforços nos estudantes?

SEÇÃO 6

O COMPUTADOR COMO RECURSO DIFERENCIAL NA ABORDAGEM PEDAGÓGICA

A otimização e a eficiência do processo ensinar-aprender não se resume em apenas utilizar o computador em sala de aula. Para Valente (1999), o uso do computador em ambientes de aprendizagem que enfatizam a construção do conhecimento apresenta enormes desafios. O que denota uma análise cuidadosa do que significa ensinar e aprender. Diante disto, cabe ao professor ter clareza do que é importante do ponto de vista pedagógico e como tirar proveito da tecnologia para atingir seus objetivos no processo ensino-aprendizagem.

Tal relação se aproxima a uma antropologia simétrica (LATOUR, 1994), na qual a interação entre humanos e não-humanos ocorre por redes heterogêneas. Nessas redes, as interações acontecem ao mesmo tempo entre a natureza e a sociedade, entre a ciência e a tecnologia, ou seja, entre o natural e o tecnológico, entre o científico e o social. Como é praticamente impossível impedir que novas redes se estabeleçam, pois estão imbricadas na cultura, conectar as implicações da modernidade no meio escolar, pode acarretar em consequências vantajosas.

Valente (1997) afirma que o uso inteligente do computador na educação não se resume a informatizar o processo de ensino, mas sim em provocar transformações na abordagem pedagógica, aquela engajada na construção do conhecimento, em detrimento a simples colaboração instrumental, para que o professor tenha eficiência no processo educativo.

Dentro da abordagem de Skinner, utilizando o computador para 'transmitir' uma informação ao estudante, esse assume o papel de máquina de ensinar, contudo, é a abordagem pedagógica do professor o elemento primordial para o aprender de maneira efetiva, crítica, reflexiva e com capacidade de pensamento e ação.

As contribuições de Skinner embora não reconhecidas em sua época, hoje se pode atribuir ao psicólogo como o 'pai das máquinas de ensinar'. Para tanto, é necessário que o professor seja o agente fundamental para realizar

as transposições didáticas necessárias, com a utilização do computador, modificando a forma/maneira tradicional do ensino-aprendizagem, transformando a abordagem pedagógica na construção de conhecimentos.

Para analisar as potencialidades de um sistema computacional para o uso educacional, segundo Valente (1997), deve-se considerar o seu contexto pedagógico para o uso. Atribuir a eficiência ou não de um software, por exemplo, para a aprendizagem é necessário analisar todo o contexto de ensino e aprendizagem do qual o mesmo está sendo utilizado. Para o autor, ser capaz de qualificar um software é necessário ter muito clara a abordagem educacional a partir da qual ele será utilizado e qual o papel do computador nesse contexto (VALENTE, 1997, p. 19).

Quando o computador é empregado no contexto escolar para tornar-se apenas eficiente o processo de ensino do professor, a máquina e o professor acabam tornando-se detentores do conhecimento e o estudante passa assumir a condição passiva nesse processo educativo. Informatizar o ensino, para Valente (1997), é apenas uma solução mercadológica e dos tempos modernos. O importante é que o professor saiba utilizar o instrumento de maneira a contribuir diretamente na relação: professor-estudante-saber.

Foi no campo da educação que Burrhus Skinner efetivou seus estudos sobre a aprendizagem e a linguagem. Em 1968, em seu livro *Tecnologia do Ensino*, Skinner preocupava-se com o fracasso escolar, sob pena de punição aos estudantes. O professor, segundo ele, deve planejar as suas aulas de modo a levar o estudante a aprendizagem, sem que necessariamente cometa erros para que então aprenda. Skinner já remetia em seus estudos o fato das máquinas de aprendizagem estar presentes na sala de aula, mas que ao professor estava incumbida a ação de ensinar o estudante a *pensar*.

Ainda, não somente o computador, mas outros instrumentos tecnológicos podem promover a construção de conhecimentos de maneira efetiva, basta para isto, que o professor construa suas melhores ações (prática docente) para o trabalho de maneira efetiva. O trabalho de maneira efetiva com as máquinas de ensinar pode levar a alguns questionamentos como: porque ainda a escola é incapaz de discutir fenômenos mais complexos na interação professor-estudantes-máquinas? O que ocorre no ambiente educacional que impede e/ou impossibilita a construção de conhecimentos?

As relações envolvidas com a tecnologia e as teorias de aprendizagem partem do pressuposto de que ambas, caminhando juntas, contribuem para

que as conversões de conhecimentos (não apenas por área) abram novas possibilidades para ensinar/aprender.

Para Sancho (1998), Skinner foi um dos precursores sobre as propostas aplicadas a situações de aprendizagens utilizando as máquinas de ensinar. Mediante ao condicionamento operante, o comportamento do estudante é modificado gradualmente pelos estímulos oferecidos (HUMMEL, 2007). Milhollan e Forisha (1978) afirmam que na perspectiva de Skinner, as escolas devem desenvolver técnicas e recursos especiais para o desenvolvimento de reforços necessários ao estudante.

Para Skinner as máquinas de ensinar apresentam várias vantagens desde que a *prática pedagógica do professor esteja na mediação dos estudantes a construírem suas respostas em vez de utilizarem a máquina como alternativas de possíveis respostas*. Para Valente (2006), dentro da concepção de Skinner, o computador é visto como uma máquina de ensinar, tendo a instrução programada como metodologia. As interações dos programas instrucionistas acentuam o hardware e o software, extinguindo os conflitos cognitivos do estudante quando acionados. Os programas de software – tutoriais, que trazem as respostas ao estudante, não favorece a criticidade de acordo com Valente, contribuindo apenas para o desenvolvimento de metodologias tradicionais de ensino com 'aparatos eletrônicos'.

Para que o computador efetivamente possa contribuir para a aprendizagem do estudante de acordo com a instrução programada, Valente (1999) afirma que os tutoriais podem apresentar características diversas como áudio, vídeo, controle do desempenho do estudante, exercícios com certo grau de complexidade, dentre outros. Os jogos e as simulações quando adequadas ao objetivo da aprendizagem também a efetivam, indicados principalmente para conceitos dos quais apresentam um caráter abstrato. As leituras sobre os conceitos e contextualizações são elementos dos quais podem facilitar ainda mais a interação com os jogos e com as simulações no computador.

Analisar o uso inteligente do computador na Educação não está a parte do estudante, mas vinculado a maneira como este é concebido – com o professor levando em consideração o contexto pedagógico.



PALAVRAS FINAIS

Caro (a) aluno (a),

Parabéns!

Você concluiu os estudos da disciplina Prática de Ensino II. Com este livro você tomou conhecimento sobre proposições a respeito de Práticas de ensino em Computação e suas áreas correlatas, como também reflexões de alguns autores a respeito da Transposição Didática e das Máquinas de ensinar. O objetivo com este material é que contribua de certa forma para que você passe a construir sua identidade de professor, tanto em relação a construção, mediação e apropriação do conhecimento, bem como em refletir com criticidade sobre a sua própria prática pedagógica no sentido de uma mudança pedagógica.

A sistematização das abordagens metodologias aqui apresentadas, estão dentro do contexto das políticas públicas das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) que regem a educação no país. Tais estratégias na condução do processo de ensino-aprendizagem aqui apresentadas, não estão resumidas a pressupostos e abordagens únicas. As abordagens aqui colocadas e discutidas são apenas um recorte, no sentido de que você se sinta instigado e problematizado a buscar outras e a construir novas propostas pertinentes.

Para a Transposição Didática e as Máquinas - não somente de ensino, mas também de aprendizagem aqui sistematizadas, que essas incorporem os pressupostos para a sua formação inicial e como subsídios para uma prática pedagógica efetiva e significativa. Que esses conhecimentos contribuam de certa forma para que você possa agregar a área do Ensino de Computação a demais conhecimentos científico-educacionais.

Como este livro é seu, é importante guardá-lo com cuidado. Consulte-o sempre que necessitar.

Continue estudando e sendo perseverante!

A professora.

REFERÊNCIAS

- ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M. (1995). *A didática das ciências*. São Paulo: Papirus.
- ASTOLFI, J. P. et al. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxele/Belgica: Pratiques Pédagogies de Boeck & Larcier S.A.
- AURICCHIO, L. O. (1978). *Manual de tecnologia educacional*. Livraria Francisco Alves Editora S.A., Rio de Janeiro.
- BRASIL. (1999). Ministério da Educação. MEC. RESOLUÇÃO CNE/CEB N.º 04/99. *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico*. Brasília, 1998. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/RCNE_CEB04_99.pdf
Acesso em 03/03/2018.
- CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- . (2005). *La Transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique.
- . (2013) Sobre a Teoria da Transposição Didática: algumas considerações introdutórias. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*. v.3 n.2 mai/ago.
- FELLOWS, M., BELL, T., & WITTEN, I. H. (2011). *Computer Science Unplugged*. Ensinando Ciência da Computação sem uso do computador. Tradução por Luciano Porto Barreto. Disponível em <http://csunplugged.org>.
- FORQUIN, Jean-Claude. (1993). *Escola e Cultura: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar*. Trad: Guaciara Lopes Louro. Porto Alegre. Artes Médicas. 208 p.
- GAJSKI, D. D. (1997). *Principles of Digital Design*. Prentice-Hall, New Jersey.
- HENNESSY, J. L.; PATTERSON, D. A. (2013). *Arquitetura de Computadores: Uma Abordagem Quantitativa*. 5a ed. Campus.

HUMMEL, E. I. (2007). *A formação de professores para o uso da informática no processo de ensino-aprendizagem de alunos com necessidades educacionais especiais em classe comuns*. Mestrado em Educação. (Dissertação). Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 208f.

LATOUR, B. (1994). *Jamais Fomos Modernos*. Rio de Janeiro, Ed. 34.

MARTINHAGO, A. Z.; SMARZARO, R.; LIMA, I. & GUIMARÃES, L. (2014)

Computação Desplugada no Ensino de Bancos de Dados na Educação Superior. XXXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Anais do XXXIV

MILHOLLAN, F. FORISHA, B. E. (1978). *Skinner X Rogers: maneiras contrastantes de encarar a educação*. São Paulo: Summus.

MOREIRA, M. A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU.

OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C. J. H. (2010). *Teorias de Aprendizagem – texto introdutório*. UFRGS. Disponível em: <http://files.pibid-unibr-sao-vicente.webnode.com/200000051-0d0a70e086/Teorias%20de%20aprendizagem.pdf>. Acesso em: 21/02/2018.

PERRELI, M. A. S. (1996). *A transposição didática no campo da indústria cultural: um estudo dos condicionantes dos conteúdos dos livros didáticos de ciências*. (Dissertação). Mestrado em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PINHO ALVES, J. (2000). Regras da Transposição didática aplicada ao Laboratório Didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 17. n° 2. Agosto p. 174-188.

PRASS, A. R. (2012). *Teorias de Aprendizagem*. Porto Alegre. Ed: ScriniaLibris.com.

REIS, R. A. L. (2000) *Sistemas Digitales: Síntese Física de Circuitos Integrados*. CYTED, Bogotá, Colombia, p: 373.

ROSA, C. A. (2008). *Proposta de máquinas de ensino-aprendizagem para transposição didática em projetos de circuitos integrados CMOS*. Mestrado em Engenharia Elétrica. (Dissertação). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. 116f.

ROSA, C. A.; VAN NOIJE, W. A.M. (2008) Proposta de Máquinas de Ensino-Aprendizagem para o Ensino de Projetos de Circuitos Integrados CMOS. COBENGE 2008 – *Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Anais. São Paulo.

SÉRIO, T. M. D. A. P. (2005). The radical behaviorism and the psychology as science. *Revista brasileira de terapia comportamental e cognitiva*. São Paulo, v. 7, n. 2, p. 247-262, dez. Disponível em: http://pepsic.bvs-psi.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-55452005000200009&lng=en&nrm=iso%3E. Acesso em: 22/02/2018.

SANCHO, J. M. (1998). *Para uma tecnologia educacional*. Porto Alegre: ArtMed.

SCHULTZ, D. P. SCHULTZ, S. E. (2002). *Teorias da Personalidade*. São Paulo: Cengage Learning. pp. 361-383

SKINNER, B. F. (2003). *Ciência e Comportamento Humano*. São Paulo: Martins Fontes.

. (1974). *About behaviorism*. New York: Alfred Knopf.

STALLINGS, W. (2010). *Arquitetura e Organização de Computadores*. 8 ed. Pearson.

TANENBAUM, A. S. (2007). *Organização Estruturada de Computadores*. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

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

. (1997). O uso inteligente do computador na educação, in: *Pátio*. Ano 1, n.º 1, Ed. Artes Médicas Sul, p. 19-21.

. (2006). Por que o computador na educação? In: Valente J. A. (Org.). *Computadores e Conhecimento*. Campinas: NIED – UNICAMP.

VERRET, M. (1975). *Le temps des etudes*. Paris: Librairie Honore Champion.

NOTAS SOBRE A AUTORA

INGRID ALINE DE CARVALHO FERRASA

Doutoranda em Ensino de Ciência e Tecnologia na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Mestre em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Graduada em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG. Tem experiência na Formação Docente em Metodologia e Prática de Ensino. Atualmente atua como professora da Secretaria Estadual de Educação do Paraná na área da Física e Matemática e como professora colaboradora do Departamento de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado em Ensino de Física.

Ministério
da Educação

