

## CAIXAS-PRETAS COMO OBJETOS DE ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA EM CURSOS DE ENGENHARIA

Rutyele Ribeiro Caldeira Moreira

[rutyele@yahoo.com.br](mailto:rutyele@yahoo.com.br)

CEFET – MG – Brasil

Núcleo temático: Investigação em Educação Matemática

Modalidade: Comunicação Breve

Nível educativo: Educação de Adultos

Palavras chave: Teoria da atividade. Teoria da Aprendizagem Expansiva. Modelagem Matemática. Caixas-Pretas.

### Resumo

*Neste artigo busco apresentar uma abordagem teórico-reflexiva adotada em uma pesquisa de doutorado desenvolvida na Faculdade de Educação da UFMG, concluída em 2014, cuja tese foi intitulada “Cálculo em ação, modelagem e parcerias: possibilidades para aprendizagens expansivas em um contexto de formação em Engenharias”. Considerando que transformações qualitativas do objeto de uma atividade configuram aprendizagens expansivas (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010), sob o objetivo de transformar qualitativamente o objeto de uma atividade de Modelagem, uma possível estratégia consiste na abertura de caixas-pretas. Tal terminologia foi trazida da “sociologia da ciência” por Bruno Latour (2000), devido ao entendimento de que vários conteúdos que permeiam o processo de escolarização partem de resultados científicos considerados como inquestionáveis ou verdades absolutas. O trabalho científico está condicionado à manipulação de caixas-pretas. Delimito reflexivamente, que ações orientadas pela abertura das caixas-pretas podem ser úteis para possibilitar aprendizagens expansivas em se tratando de atividades de modelagem matemática em cursos de Engenharia, ao enquadrar as próprias caixas-pretas como objetos das referidas atividades.*

### Considerações Iniciais

No presente artigo busco apresentar uma abordagem teórico-reflexiva adotada em uma pesquisa de doutorado pautada pela seguinte pergunta diretriz: “Quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática (GEPMM) em um contexto de formação em Engenharias?” A abordagem metodológica da referida investigação foi qualitativa<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Bogdan e Biklen (1994) apresentam-nos as cinco principais características da investigação qualitativa, que foram os princípios orientadores para esta pesquisa:

O contexto institucional escolhido para o desenvolvimento da referida pesquisa foi uma Universidade Federal, localizada em uma cidade do interior do Estado de Minas Gerais, no Brasil, na qual existem apenas cursos de Engenharia, totalizando nove (Engenharia de Computação, Elétrica, de Materiais, de Produção, de Controle e Automação, da Mobilidade, de Saúde e Segurança, Ambiental, Mecânica).

### **Aprendizagem Expansiva como Transformações do Objeto da Atividade**

O foco da investigação que originou as reflexões aqui descritas foi pautado nas ideias da aprendizagem expansiva de Engeström (2001, p. 138), que inspirado em Bateson (1972) – distingue três níveis de aprendizagem (tipos I, II, e III) –, propôs uma *nova* abordagem para a aprendizagem. Para Bateson (1972), aprendizagens de nível I estão baseadas no “condicionamento, aquisição de respostas consideradas corretas em um dado contexto” (ENGESTRÖM, 2001, p. 138). Aprendizagens de nível II estão relacionadas à aprendizagem de “normas e padrões de comportamento característicos do próprio contexto” (ENGESTRÖM, 2001, p. 138).

Dessa forma, muitas vezes, os próprios contextos podem estar embebidos por demandas contraditórias, que podem impulsionar aprendizagens de nível III, “quando uma pessoa ou um grupo começa a questionar radicalmente o sentido e o significado do contexto e constroem um contexto alternativo mais amplo. Aprendizagem de nível III é essencialmente um empenho coletivo” (ENGESTRÖM, 2001, p. 138, *itálicos meus*).

Engeström (2001) utiliza tais ideias de Bateson (1972) e propõe a Teoria da Aprendizagem Expansiva: “Aprendizagem de nível III é vista como atividade de aprendizagem que tem seu próprio tipo de ações e instrumentos [...] O objeto da atividade da aprendizagem expansiva é todo o sistema de atividades em que os aprendizes estão engajados. Atividades de

- 
1. Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;
  2. A investigação qualitativa é descritiva;
  3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;
  4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva;
  5. O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

aprendizagem expansiva produzem culturalmente novos padrões de atividade. Aprendizagem expansiva no trabalho produz novas formas de atividade de trabalho” (ENGESTRÖM, 2001, p. 139).

Engeström e Sannino (2010) se baseiam em estudos empíricos e intervencionistas e apontam algumas formas de manifestação da aprendizagem expansiva em atividades coletivas, dentre elas *aprendizagem expansiva como transformação do objeto de uma atividade*. Para os autores, *aprendizagem expansiva como transformação do objeto da atividade* busca superar a concepção de aprendizagem como algo individual, do sujeito, inerente a ele, em sua cognição ou em seu comportamento. A aprendizagem expansiva se manifesta, essencialmente, como transformação do objeto da atividade coletiva. O que, conseqüentemente, pode promover transformações qualitativas dos elementos que compõem os sistemas de atividade (CALDEIRA, 2014). Vale ressaltar que a expansão pode ser entendida como um processo positivo, mas “retrocessos” também podem ocorrer nos processos de aprendizagem expansiva. Isso porque o objeto carrega consigo contradições internas que podem alcançar diferentes níveis dentro de um processo de aprendizagem expansiva como transformação do objeto, o que, de certo, ocorre como um processo coletivo de negociação e orquestração (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010).

A Teoria da Aprendizagem Expansiva está ancorada nas ideias da Teoria da Atividade. A origem do conceito atividade na psicologia soviética pode ser encontrado nos estudos de Vigotski (1896-1934), que propõe o entendimento da consciência humana como fruto da atividade socialmente significativa. Nesse sentido a consciência seria constituída de fora para dentro, por meio das relações sociais. (KOZULIN, 2002).

Leontiev, em meados dos anos 1930, Propõe uma versão revisionista da Teoria da Atividade de Vigotski, na qual enfatiza: “a atividade – ora como atividade, ora como ação – desempenha todos os papéis, desde objeto até princípio explanatório” (KOZULIN, 2002, p. 136). “Não levando o objeto da ação, por si próprio, a agir é necessário que a ação surja e se realize, que o seu objeto apareça ao sujeito na sua relação com o motivo da atividade em que entra esta ação. Essa ação é refletida pelo sujeito sob uma forma perfeitamente determinada: sob a

forma de consciência do objeto da ação enquanto fim. Assim, o objeto da ação não é afinal senão o seu fim imediato conscientizado” (LEONTIEV, 2004, p. 317).

Para Leontiev (1978), a principal característica que distingue uma atividade da outra é a diferença de seus objetos. Para o autor, o objeto de uma atividade é o que lhe fornece uma direção determinada, uma finalidade, constituindo-se, dessa forma, como seu verdadeiro motivo. Vale ressaltar que, para Leontiev, o objeto de qualquer atividade humana não é algo neutro, nem individual, mas sim um objeto da experiência coletiva, social, pois, para ele, a atividade dos outros nos oferece uma base, uma gama de possibilidades objetivas, que abarca uma espécie de estrutura específica das ações do indivíduo. (CALDEIRA, 2014).

Para Engeström, “uma entidade do mundo exterior torna-se um objeto da atividade quando atende a uma necessidade humana” (ENGESTRÖM, 2008, p. 89, grifos meus). E, para Leontiev (1978), essa reunião é um “ato extraordinário”: o sujeito constrói o objeto destacando as propriedades que julga serem essenciais para o desenvolvimento da prática social em que deseja se engajar.

Os artefatos mediadores da atividade, para Engeström (1987), são considerados as ferramentas e os signos necessários para que o sujeito da atividade realize ações orientadas para o objeto/motivo.

Engeström (1987; 2002; 2008) critica, veementemente, a inversão de papel que pode ocorrer com o texto escolar em atividades de ensino-aprendizagem. Para ele, quando o texto escolar (os livros didáticos) é tomado como objeto da atividade escolar, ocorre uma inversão de papéis: o que era para ser um instrumento (artefato mediador) passa a ser objeto da atividade.

Engeström (2008, p. 89) ainda esclarece que “em *school-going*<sup>21</sup>, textos assumem o papel de objeto. Este objeto é moldado pelos alunos de uma maneira curiosa: o resultado de sua atividade é, sobretudo, o mesmo texto reproduzido e modificado oralmente ou escrito de outra forma”. Sendo assim, o objeto da atividade *school-going* pode ser caracterizado pelos textos escolares (livros didáticos, apostilas etc.) e pelos estudantes em formação – alunos. E, como objetivo central de tal atividade, podemos considerar a transformação dos indivíduos no processo de apropriação dos conhecimentos e saberes (bens históricos e culturais) impressos nos textos e reproduzidos nas interações. Nesse sentido, o objetivo consiste na capacitação dos alunos para recriar ou refazer o ensinado.

---

<sup>21</sup> Não consegui uma tradução plausível para *school-going*.

## **Concepção de Modelagem Matemática assumida em um contexto de formação em Engenharias**

Bassanezi (2006, p. 16) entende que a modelagem matemática consiste na “arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. No contexto da pesquisa de doutorado que embasa o presente texto, considerarei que atividades de Modelagem Matemática constituem espaços formativos nos quais os sujeitos engajados dirigem suas ações em prol do entendimento e da resolução de questões-problema não matemáticas, oriundas das mais variadas esferas da sociedade, utilizando, necessariamente, instrumentos matemáticos para auxiliá-los. (CALDEIRA, 2014).

Ao assumir as atividades de Modelagem Matemática como espaços formativos, sendo possível sua construção dentro ou fora da sala de aula, entendo que aos sujeitos engajados em tais atividades é oferecida uma possibilidade de ampliação gradual do objeto e do contexto da aprendizagem. Além disso, tal espaço formativo alternativo pode possibilitar transformações no sentido de os sujeitos estarem aprendendo novas formas de atividade direcionadas à sua própria formação.

### **Caixas-pretas como objetos de atividades de Modelagem Matemática**

Buscando possibilitar aprendizagens expansivas como transformações no objeto da atividade de Modelagem, uma possível estratégia a ser considerada pode ser elencar ações que objetivem a abertura de caixas-pretas. Essa terminologia foi trazida da “sociologia da ciência” por Bruno Latour, em sua obra *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*, devido ao entendimento de que vários conhecimentos amplamente difundidos nos currículos escolares, nas ementas das disciplinas, partem de resultados científicos frequentemente considerados como inquestionáveis e/ou verdades absolutas (CALDEIRA, 2014).

Latour (2000) traz a noção de caixa-preta como sendo uma expressão usada em cibernética sempre que uma máquina ou um conjunto de comandos se revela complexo demais: “em seu

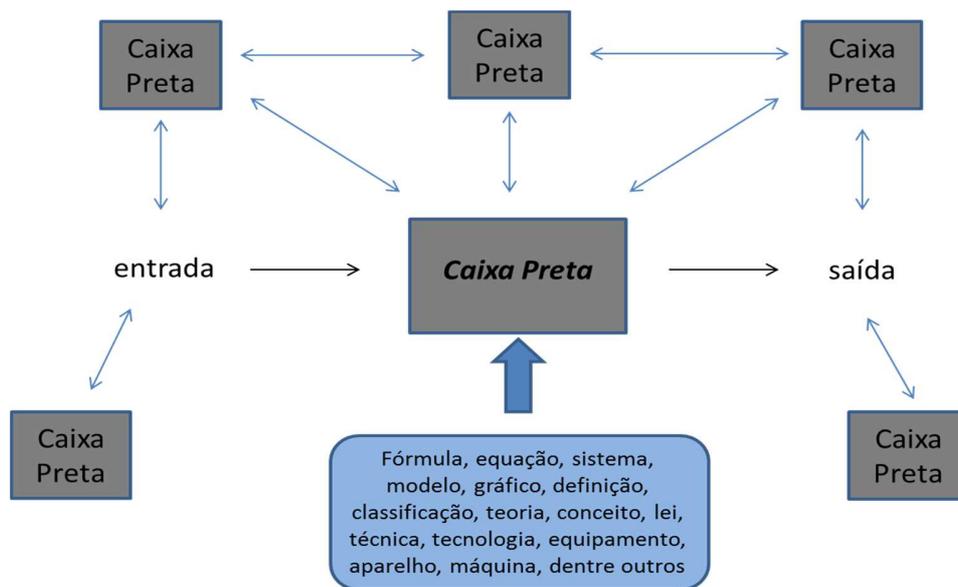
lugar, é desenhada uma caixinha preta, a respeito da qual não é preciso saber nada, senão o que nela entra e o que dela sai” (LATOURE, 2000, p. 14).

Dessa forma, uma caixa-preta pode ser entendida como um aparato/objeto (conceito, fato, técnica, equação, lei, teoria, modelo, equipamento, aparelho, máquina, entre outras possibilidades), oriundo de resultado de pesquisa científica, no qual é atribuído um grau inquestionável de verdade, sendo que sua existência somente se justifica devido as suas associações com outros aparatos/objetos (que também podem ser caixas-pretas) e seus respectivos usos sociais. (CALDEIRA, 2014).

O trabalho científico está condicionado à abertura e ao fechamento de caixas-pretas. Um cientista, ao se deparar com possibilidades de investigar certo fenômeno X, busca todas as “verdades” que outros cientistas já estabeleceram sobre esse fenômeno. Quando as encontra, pode questioná-las ou aceitá-las. Suponha que o cientista resolva questionar uma caixa-preta P, encontrada por ele no processo de investigação do fenômeno X. Para isso, é necessário que ele utilize outros instrumentos (incluindo até mesmo outras caixas-pretas) que objetivem a abertura dessa caixa-preta. Após a abertura, ele começa a relacionar essa caixa-preta P com outras proposições a respeito do fenômeno X, podendo alterar P ou apenas reafirmar a “verdade” contida em P. De qualquer forma, o cientista abre e fecha P em certo momento de sua atividade científica. Portanto, qualquer caixa-preta pode ser aberta, reafirmada ou modificada, ou ainda apenas utilizada pelos cientistas. (CALDEIRA, 2014).

Assim, de forma representativa, podemos visualizar as caixas-pretas da seguinte forma:

FIGURA 1 – Visualização da caixa-preta e suas possíveis associações a outras caixas-pretas  
Fonte: Elaborada pela autora com base em Latour (2000).



Observe que as caixas-pretas não se restringem apenas às variáveis de entrada e saída, mas, sobretudo, ao relacionamento que cada uma delas pode estabelecer com outras várias caixas-pretas. Em um único equipamento, um computador, por exemplo, existem várias caixas-pretas em seu “interior”, ou seja, uma caixa-preta contendo várias caixas-pretas que se relacionam internamente. (CALDEIRA, 2014).

Mas, porque ações orientadas pela abertura das caixas-pretas podem ser úteis para possibilitar aprendizagens expansivas em um contexto de formação em Engenharias? Uma boa explicação pode ser encontrada na seguinte reflexão proposta por Latour (2000), como segue:

[...] muitos jovens entraram no mundo da ciência, mas se tornaram cientistas e engenheiros; o que eles fizeram está visível nas máquinas que usamos, nos livros pelos quais aprendemos, nos comprimidos que tomamos, nas paisagens que olhamos, nos satélites que cintilam no céu noturno sobre nossas cabeças. Como fizeram, não o sabemos. [...] quase ninguém está interessado no processo de construção da ciência. [...] Os fatos e artefatos que esta produz caem sobre suas cabeças como um fado externo tão estranho, desumano e imprevisível quanto o *Fatum* dos antigos romanos (LATOUR, 2000, p. 33-34).

Ao considerarmos o contexto institucional de formação de engenheiros, podemos afirmar que os sujeitos partícipes desse contexto têm amplo acesso aos mais variados aparatos/objetos que podem ser entendidos como caixas-pretas. Em atividade de Modelagem Matemática, sendo aqui considerada como um espaço formativo que se configura como um

contexto propício para possibilitar aprendizagens expansivas, por estar baseado no contexto da crítica, proposto por Engeström (2002), entende-se, portanto, que tais caixas-pretas devam ser abertas, questionadas e, se possível ou necessário, alteradas ou modificadas (CALDEIRA, 2014).

As estratégicas ações com vistas à abertura de caixas-pretas num contexto de formação em Engenharias correspondem à possibilidade de mudanças qualitativas nos objetos da atividade de Modelagem Matemática: a questão-problema que, por vezes, configura como objeto da atividade de Modelagem Matemática, pode ser considerada, num primeiro momento, como uma caixa-preta, na qual as ações devem ser direcionadas visando a sua abertura (CALDEIRA, 2014). E, transformações qualitativas do objeto da atividade devem ser consideradas como aprendizagens expansivas, segundo Engeström e Sannino (2010).

### **Considerações Finais**

Cabe ressaltar que uma caixa-preta nunca é totalmente preta e nem totalmente branca. Caso existisse caixa-preta totalmente preta ou totalmente branca, estaríamos reforçando a ideologia das verdades “absolutas” e inquestionáveis, assim como o contrário. A variação de cores permitida entre o preto e o branco configura, como pertencente à categoria dos infinitos tons de cinza (CALDEIRA, 2014). Suponha um intervalo aberto entre zero e um. A uma caixa-preta qualquer seria atribuído um valor mais próximo de um do que de zero, isto é, um tom de cinza mais escuro. Com a realização das ações expostas anteriormente, a caixa-preta tende a “clarear-se” (ou não), sendo, então, atribuído um valor menor (ou maior) do que o anteriormente atribuído, resultando em um tom de cinza mais claro do que o anterior. Tal clarificação pode ser entendida como um movimento do escuro para o claro, da atuação “cega” para a “nítida” em termos das questões a serem “esclarecidas” por uma determinada atividade de Modelagem Matemática. (CALDEIRA, 2014). E, neste sentido podemos perceber de forma materializada e analítica a transformação do/no objeto da atividade de modelagem, e a respectiva expansão em tal objeto.

### **Referências Bibliográficas**

Bassanezi, R. C. (2006). *Ensino-Aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. 3. ed. São Paulo: Contexto.

Caldeira, R. R. (2014). *Cálculo em Ação, Modelagem e Parcerias: possibilidades para aprendizagens expansivas em um contexto de formação em Engenharias*. 229 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.

Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, London, v. 14, n. 1, p. 133-156.

Engeström, Y. (2002). Non scolae sed vitae discimus: Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (Org.). *Uma introdução à Vygotsky*. São Paulo: Edições Loyola, p. 175-198.

Engeström, Y. (2008). *From teams to knots: activity-theoretical studies of collaboration and learning at work*. New York: Cambridge University Press.

Engeström, Y.; Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5, 1-24.

Kozulin, A. (2002). O conceito de atividade na psicologia soviética: Vygotsky, seus discípulos, seus críticos. In: DANIELS, H. (Org.). *Uma introdução à Vygotsky*. Tradução de Marcos Bagno. São Paulo: Edições Loyola, p. 111-138.

Latour, B. (2000). *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora UNESP.

Leontiev, A. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. New Jersey: Prentice-Hall. Disponível em: <http://lhc.ucsd.edu/mca/Paper/leontev/index.html> Consultado 26/04/2013.

Leontiev, A. (2004). *O desenvolvimento do psiquismo*. Tradução de Rubens Eduardo Frias. 2. ed. São Paulo: Centauro.