

## A Modelagem Computacional no Ensino: Apresentação e Reflexões

FÁBIO FERRENTINI SAMPAIO

fabio.sampaio@estsetubal.ips.pt

Instituto Politécnico de Setúbal - Portugal

### Resumo

Este trabalho apresenta a modelagem computacional e possibilidades de sua utilização no ensino - em particular no ensino de Ciências - relacionando-as com outras áreas de pesquisa em cognição, educação e em informática. O objetivo principal do trabalho é o de despertar o interesse de outros pesquisadores e professores para este tema ainda incipiente em termos de pesquisa e aplicações em sala de aula.

### Palavras-chave:

Modelagem computacional e Ensino; Modelagem baseada em agentes; Informática e Educação; Ensino de STEAM.

### Abstract

This work presents the computational modeling and possibilities of its use in education - particularly in Science Education - relating them to other areas of research in cognition, education, and informatics. The main objective of the work is to awaken the interest of other researchers and teachers in this still incipient topic in terms of research and classroom applications.

### Key concepts:

Computer modelling and education; Agent-based Modelling; Information Technologies in Education; STEAM teaching.

## **Introdução**

Com o objetivo de ressaltar a importância da pesquisa em modelos e modelagem no contexto educacional e despertar o interesse de outros pesquisadores/professores para esta área, optou-se por iniciar o presente trabalho com a definição de alguns conceitos básicos em modelagem, passando então para a apresentação de um conjunto de justificativas de sua utilização no desenvolvimento de diferentes tópicos nas áreas de ensino. Ao final do texto são apresentadas algumas questões ainda por serem respondidas e que contribuirão para o desenvolvimento de novos trabalhos sobre possibilidades e utilização desse ferramental em sala de aula.

### **1. Definindo Modelos, Modelagem e Simulação**

Um modelo pode ser entendido como um novo mundo construído para representar fatos/eventos/objetos ou processos que acontecem no nosso mundo ou em um mundo imaginário. Normalmente tais modelos são mais simples que o “mundo a ser modelado” e, na maioria dos casos, interagimos com esses modelos com o claro objetivo de

melhor compreender o comportamento do mundo modelado. Um outro importante aspecto dos modelos e do processo de modelagem é que uma mesma realidade pode ser modelada de diferentes maneiras, representando diferentes aspectos do problema ou diferentes visões do modelador. O modelo de funcionamento da economia de um país e suas implicações nas políticas econômicas e sociais são, em geral, bastante diferentes, dependendo do ponto de vista dos partidos políticos. Neste caso, no entanto, não se busca o exato entendimento do funcionamento da economia de um país (o que talvez seja impossível de se atingir), mas sim as possibilidades de discussão das ideias em torno de um determinado problema.

A palavra modelo tem diferentes significados para as diferentes áreas do conhecimento tais como lógica, engenharia e artes. O modelo de um sistema de axiomas, por exemplo, pode ser visto como uma estrutura de dados onde os axiomas são válidos e interpretados como um conjunto de “leis” que governam um determinado mundo. Quando alguém fala de um modelo de um aeroplano (engenharia espacial), o que o indivíduo está

certamente interessado é num sistema simplificado capaz de simular algumas características significativas de um outro sistema (neste caso o próprio avião) que pertence ao mundo real. Nas artes, um modelo vivo, é uma pessoa (física) cujas principais características tentamos representar numa escultura, num desenho ou em uma pintura. Por sua vez, o modelo de um pássaro (ou como alguns cognitivistas preferem chamar – modelo prototípico) (Johnson-Laird, 2010) é um exemplo ideal ou padrão utilizado por nós para realizar comparações ou identificar/categorizar outros animais.

Cada um dos exemplos acima captura um diferente aspecto dos sistemas de modelagem: permitem a representação de estruturas significantes e eventos de um determinado mundo; contêm um conjunto de regras que governam o funcionamento de suas partes; e podem ser utilizados para comparar/ descrever diferentes representações (Sowa, 1984). Softwares computacionais que trabalham desta forma são chamados de sistemas ou ambientes de modelagem computacional.

Por sua vez, simulação está associada à ideia de um componente de software que objetiva representar o comportamento

de um certo domínio. De acordo com Steed (1992, p. 40) a diferença entre modelos e simulações é que

*“(modelos são) uma representação de estruturas, enquanto que a simulação infere um processo de iteração entre as estruturas que compõem o modelo com o objetivo de criar um comportamento”.*

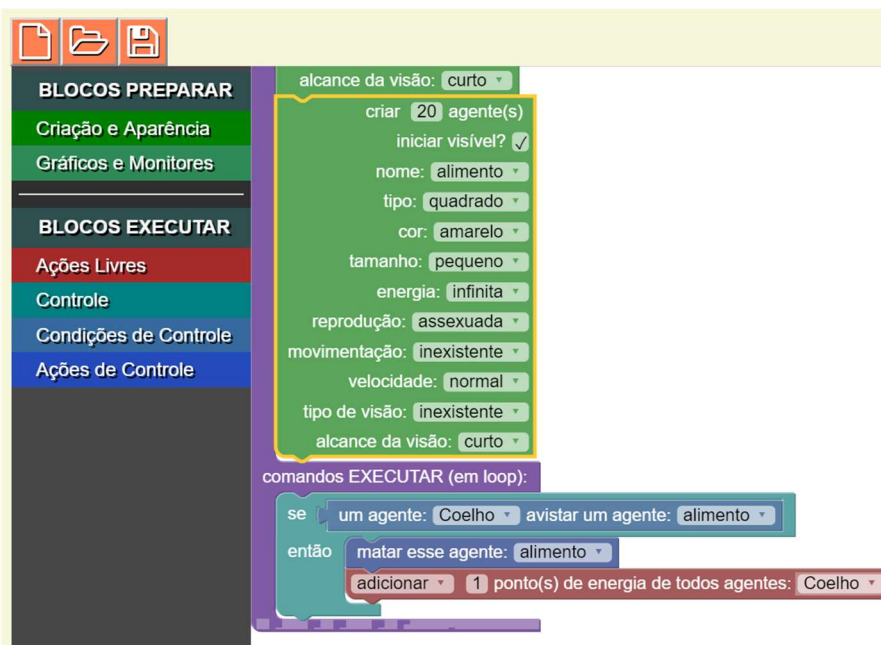
Em outras palavras pode-se dizer que as simulações focam os resultados (saídas) gerados pela execução do modelo (a qual o usuário não tem acesso) que elas contêm. Quando o domínio a ser representado evolui com a passagem do tempo, dizemos que estamos trabalhando com **modelos e simulações dinâmicas**.

Um ambiente computacional de modelagem pode ser utilizado tanto para criar modelos, quanto simulações. Por exemplo, um sistema como o BioBlocks (Silva & Sampaio, 2018) permite a criação e simulação de diferentes modelos na área de Biologia. Alunos interessados em estudar as relações entre predadores e presas (problema clássico na área de Biologia/Meio Ambiente

modelado pela equação de Lotka-Volterra<sup>1)</sup> podem construir o modelo utilizando uma linguagem gráfica baseada em blocos (Figura 1) e, em seguida, solicitar a sua simulação (Figura 2).

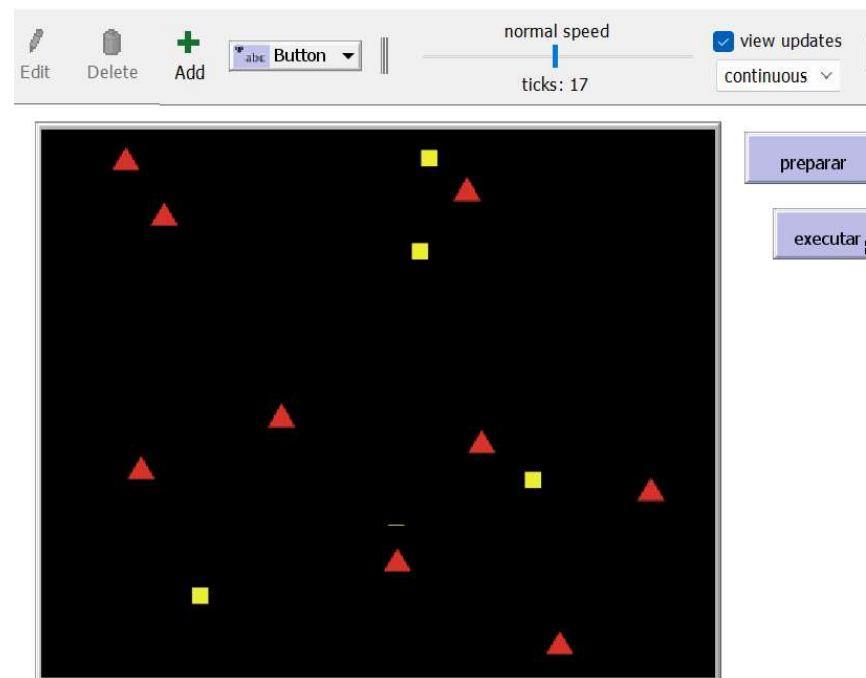
### Figura 1

Trecho de código representando o problema predador-presa no ambiente BioBlocks



### Figura 2

Imagem do ambiente de simulação do problema predador-presa apresentado na Figura 1



<sup>1</sup> Para mais informações sobre o problema clássico predador-presa e a equação de Lotka-Volterra

veja: [https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~richard/teaching/f2021/SML\\_Qi\\_Tomoaki.pdf](https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~richard/teaching/f2021/SML_Qi_Tomoaki.pdf)

### 1.1. Classificação de Modelos e Ambientes de Modelagem

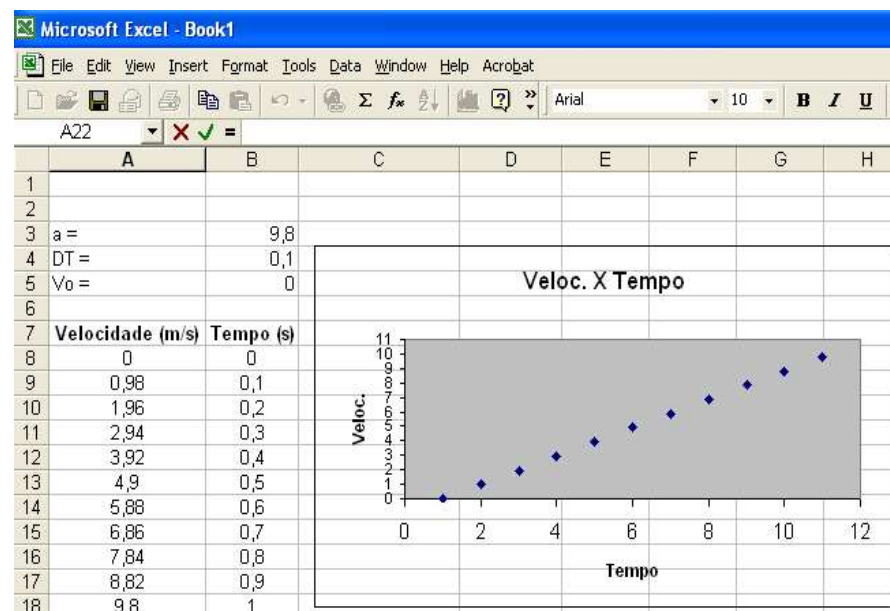
Diferentes características dos ambientes para a construção e simulação de modelos podem ser utilizadas para classificá-los. No entanto aqui pretendemos focar os aspectos pertinentes ao uso educacional destes ambientes. Para tanto, utilizaremos a classificação concebida por Bliss e colaboradores (1992), quando então trabalhavam no desenvolvimento e aplicação de ambientes de modelagem em escolas inglesas.

**Modelos quantitativos** – Fortemente baseados em uma descrição matemática das variáveis e relações existentes entre as mesmas para descrever uma determinada situação do mundo representado. Nestes ambientes, para descrever um problema é necessário que os usuários identifiquem suas principais variáveis e especifiquem a exata relação funcional entre as mesmas. Nesta perspectiva, a tentativa de explicar como a velocidade de um determinado veículo se modifica ao longo de um período de tempo, passa necessariamente pela formulação e solução de um sistema de equações matemáticas (álgebra e cálculo diferencial). Uma planilha em Excel é, certamente, a ferramenta mais conhecida entre os alunos para modelar fenômenos quantitativos (Fi-

gura 3). Outros importantes exemplos são o ambiente Modellus (Teodoro, 2002) e o Mathematica (Wolfram, 2023).

### Figura 3

*Exemplo de uso de planilha Excel para representar o modelo de velocidade de um corpo em queda livre*



**Modelos qualitativos** – São fortemente baseados numa especificação descritiva dos objetos e suas relações com o mundo a ser modelado. No nosso dia-a-dia estamos bastante acostumados a utilizar este tipo

de mecanismo para explicar a outras pessoas como determinados fenômenos ocorrem. Apesar destes tipos de modelos não serem muito apropriados para apresentação automática e repetição de simulações, algumas ferramentas computacionais como o WorldMaker ([https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-34844-5\\_91](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-34844-5_91)) permitem que tais descrições sejam feitas utilizando conceitos de autómatos celulares e probabilidades ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mato\\_celular](https://pt.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mato_celular)).

**Modelos semi-quantitativos** – Caracterizados pela descrição de objetos e eventos de um a forma ordinal (em contrapartida à forma numérica adotada pelos modelos quantitativos) tais como “ X aumenta Y” ou “ X diminui Y” . Da mesma forma que os modelos qualitativos, são bastante utilizados na descrição de situações do dia-a-dia tais como “ *Se o número de clientes numa fila de supermercado aumenta, então o tempo de atendimento de cada cliente vai aumentar... Se aumentarmos o número de caixas, o tamanho da fila diminuirá, bem como o tempo para sermos atendido*”. Apesar de relacionamentos do tipo *aumenta, diminui, maior, menor*, etc. não serem matematica-

mente precisos, servem para externalizar importantes informações sobre o *como* e o *porque* da ocorrência de mudanças em determinados fenômenos/situações. Ao contrário do que possa parecer, este tipo de construção não é apenas empregada por cidadãos comuns para explicar situações do dia-a-dia. Pesquisadores nas áreas de cognição e inteligência artificial têm argumentado que o raciocínio a nível semi-quantitativo também é largamente empregado por especialistas para dar explicações causais de sistemas físicos<sup>2</sup> ( de Kleer & Brown, 1983; Dillon, 1994).

## 2. Modelagem Baseada em Agentes

Modelagem Baseada em Agentes (do Inglês *Agent-Based Modeling* – ABM) é uma abordagem computacional para criação e simulação de sistemas em que entidades individuais, chamadas de "agentes", interagem em um ambiente definido pelo usuário. Cada agente opera de acordo com um conjunto de regras simples, e a partir dessas interações emergem comportamentos complexos e dinâmicas do sistema como um todo. Os agentes podem representar pessoas, grupos, organizações, animais, veículos, ou qualquer entidade relevante para o estudo em questão

---

<sup>2</sup> Ver (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370205002092>)

(Wilensky & Rand, 2015; COMSES 2024).

No exemplo apresentado nas Figuras 1 e 2 vemos a criação e simulação de um modelo sobre o problema predador-presa. Neste exemplo, os agentes são representados pelos triângulos vermelhos (predadores) e os quadrados amarelos (presa). Tais agentes se movem no ambiente (ex. floresta) de acordo com regras de comportamento específicas definidas pelo usuário na área de programação (Figura 1).

Essa abordagem onde cada agente representa uma entidade do mundo a ser modelado e se comporta como tal, permite uma “associação mais direta” entre o que se quer modelar e o modelo/simulação construídos, facilitando o entendimento do fenômeno estudado.

Um outro aspecto importante da técnica ABM é que a mesma permite a análise de sistemas complexos, onde o comportamento emergente do sistema não é facilmente previsível a partir das características individuais dos agentes.

### 3. Modelagem em Sala de Aula – Justificativas

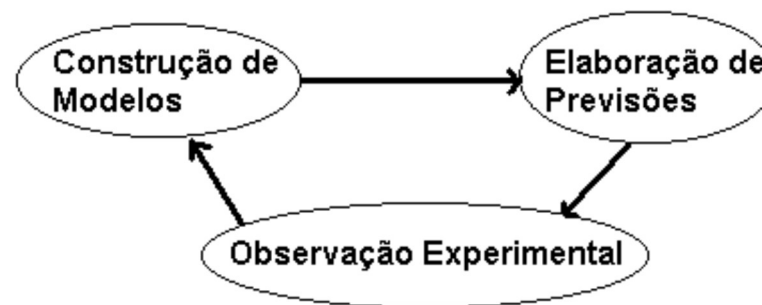
A questão da modelagem no ensino pode ser abordada a partir de pelo menos duas perspectivas: a construção do conhecimento em Ciências;

e a explicitação e refinamento das representações mentais sobre um conhecimento.

**Construção do conhecimento em Ciências** - O objetivo primeiro das ciências é o de tentar entender e explicar fenômenos que ocorrem no mundo real. Os modelos têm papel fundamental neste processo, sendo utilizados pelos cientistas como importantes “ferramentas do pensamento” no auxílio ao desenvolvimento de suas atividades. Dentro desta perspectiva, a atividade (ou metodologia) científica pode ser vista como o ciclo apresentado na Figura 4.

#### Figura 4

*Ciclo que retrata a dinâmica da metodologia científica.*



Este processo requer a manipulação de um conjunto de habilidades cognitivas tais como formulação e teste de hipóteses; abstração; idealização; etc. (PCN, 2024). Entretanto, a grande maioria das escolas

que temos hoje não enfatiza estes aspectos da construção do conhecimento. Na maioria dos casos limitam-se a ensinar conceitos “vazios de conhecimento” e sem relação direta com o dia-a-dia dos alunos (Scheker, 2008; Harpper et al., 1988; Freire, 2018).

Permitir aos estudantes tornarem-se “alfabetizados em ciências” é essencialmente dar-lhes a oportunidade de pensar de forma crítica sobre conceitos científicos e questioná-los (Papert, 1980; Steed, 1992; Gardner, 2000). O importante então não é o de fazê-los encontrar respostas corretas pela simples aplicação de fórmulas, mas dar-lhes a oportunidade de tornarem-se aprendizes ativos, engajando-os em atividades através das quais podem desenvolver seu próprio conhecimento dos fenômenos naturais. Em tais ambientes educacionais as ferramentas de modelagem computacional podem ser utilizadas para

*“... explorar domínios onde os professores sabem um pouco mais que os alunos, mas não conhecem todas as respostas. Domínios que eles podem modelar com suas classes, (...) sobre os quais ambos podem compartilhar importantes momentos de descoberta (...)”* (Vitale, 1988, p. 227).

**Explicitação e refinamento das representações mentais** – O trabalho com instrumentos de representação física como o papel e lápis, permite a externalização de conceitos e significados que fazem parte das representações mentais de um indivíduo sobre um determinado fenômeno, ajudando-o a pensar sobre o que se intenciona representar (Novak & Gowin, 1984). A principal vantagem educacional neste tipo de abordagem é o de se criar a possibilidade de “dar uma forma concreta a ideias abstratas”. Os computadores – e em particular as ferramentas de modelagem - permitem aos estudantes ir além na exploração destes conhecimentos, investigando as relações entre diferentes objetos, formulando e testando hipóteses, etc. (MELLAR e outros, 1994). Na verdade, o que se estará proporcionando em tais ambientes é a reconstrução dos modelos mentais (Johnson-Laird, 1983) dos alunos sobre um determinado conhecimento. No momento em que os estudantes se confrontam com as inadequações de seus modelos mentais, abre-se a oportunidade para que eles procurem formas alternativas de entendê-los, ou seja, a busca por modelos mentais alternativos (Mellar et al., 1994).



#### 4. Considerações Finais e Reflexões

A implementação destes sistemas de modelagem e simulação em ambientes educacionais necessita de metodologias que facilitem o entendimento e utilização dos modelos por parte dos alunos. As metodologias ativas, conforme definidas por (Kolb, 1984; Dewey, 1916; Piaget 2005; Vygotsky, 1978) e utilizadas por (Christensen & Johnson, 2008; Laurillard, 2012) em ambientes ricos no uso das TIC, podem suprir esta necessidade, uma vez que promovem o engajamento ativo dos alunos, dando-lhes a oportunidade de atuarem e refletirem sobre os problemas modelados, amplificando a sua motivação e o interesse pelas Ciências.

Entretanto, apesar de tais metodologias já serem apresentadas e discutidas em diferentes cursos de formação docente, ainda não se verifica a sua plena utilização nas salas de aula.

Um outro aspecto relevante é a ideia generalizada de que modelos e simulações são ferramentas apenas para aqueles que trabalham nas “ciências duras” como Física, Matemática ou Química. Tal ideia acaba ignorando o potencial de utilização destas ferramentas em outras áreas do ensino como Biologia, História e/ou Geografia.

#### 4.1. Reflexões Finais

- Como motivar professores e alunos a se engajarem em projetos que incluam a utilização da modelagem dinâmica em sala de aula, uma vez que o tema não faz parte do currículo escolar da maioria das escolas?
- De que forma introduzir modelos e modelagem em sala de aula de forma a promover uma integração entre as disciplinas da área das “ciências duras” (tais como Física e Química) e ciências humanas e sociais (tais como História, Geografia)?
- A partir de uma abordagem STEAM (Niu & Cheng, 2022), como a modelagem computacional pode ser aplicada de forma eficaz nas suas diferentes disciplinas?
  - De que forma os Espaços Maker poderão contribuir para a implementação de atividades relacionadas com a modelagem, envolvendo as STEAM?
  - Sobre o Pensamento Computacional (Wing, 2006), quais habilidades específicas (ex. pensamento crítico, resolução de problemas, habilidades de programação) são mais desenvolvidas através do uso da modelagem computacional?

- Que elementos básicos (*building blocks*) deve possuir um determinado ambiente de modelagem a fim de permitir, de forma simples e coerente, a construção e simulação de modelos por aqueles que não possuem um conhecimento aprofundado em programação?
- Como os alunos utilizam ambientes de modelagem para externalizar seus conhecimentos sobre um determinado assunto? De que forma essa externalização pode influenciar o desenvolvimento de novos sistemas computacionais orientados para utilização no contexto educacional?

### Referências Bibliográficas

- Bliss, J., Mellor, H., Ogborn, J. (1992). *Tools for Exploratory Learning Programme*. Technical Report 2 and 3: Semi-quantitative Reasoning - Exploratory (ESRC Information Technology In Education Initiative - End of Award Report. King's College, Imperial College and Institute of Education - London.
- Christensen, C. M., Horn, M. B., & Johnson, C. W. (2008). *Disrupting Class: How Disruptive Innovation Will Change the Way the World Learns*. New York: McGraw-Hill.
- COMSES Network. (2024). A growing collection of resources for computational model-based science. <https://www.comses.net/>
- de Kleer & Brown J. S. (1983). Assumptions and Ambiguities in Mechanistic Mental Models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum..
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education*. New York: Macmillan.
- Dillon C. (1994). Qualitative Reasoning about Physical Systems - An Overview. *Studies in Science Education*. (23), 39-57.
- Freire, P. (2018). *Pedagogia do Oprimido* (64th ed.). Paz e Terra.
- Gardner, H. (2000). *The Disciplined Mind: What All Students Should Understand*. New York: Penguin Putnam.
- Harper B., Ceccon, C., Oliveira, M. D. (1989). *Cuidado, Escola ! Desigualdade, domesticação e algumas saídas*. (26a . edição) Editora Brasiliense.
- Harvey, M., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J. & Tompsett, C. (1984). *Learning with artificial worlds: Computer based modelling in the curriculum*. Routledge.
- Johnson-Laird, P.N. (2010). Mental Models and Human Reasoning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(43), 18243-18250. <http://doi/10.1073/pnas.1012933107>
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Laurillard, D. (2012). *Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology*. New York: Routledge.
- Niu W. & Cheng L. (2022) Editorial: Creativity and innovation in STEAM education. *Frontiers Education*. 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1045407>
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984) *Learning How to Learn*. Cambridge University Press.
- Paul, R. & Elder, L. (2002). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

- Silva, E. P. & Sampaio F. F. (2018). BioBlocks: Um Ambiente de Programação Visual para Modelagem e Simulação de Tópicos em Biologia. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 14, 446 - 450. Santiago de Chile. <https://www.tise.cl/Volumen14/TISE2018/446.pdf>
- Schecker, H. (2008). Modeling physics: System dynamics in physics education. *The Creative Learning Exchange*, 5. <http://www.clexchange.org/>
- Sowa, J. F. (1984). *Conceptual Structures Information Processing in Mind and Machine*. MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Steed, M. (1992). STELLA, A Simulation Construction Kit: Cognitive Process and Educational Implications. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11, 39-52.
- PCN – *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ministério da Educação. Brasil (2024). <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>
- Piaget, J. (2005). *The Psychology of Intelligence*. New York: Routledge.
- Teodoro, V. T. (2002). *Modellus: Learning physics with mathematical modelling* (Tese de doutorado). Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Lisboa. [https://run.unl.pt/bitstream/10362/407/1/teodoro\\_2002.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/407/1/teodoro_2002.pdf)
- Vitale, B. (1988) Psycho-Cognitive Aspects of Dynamic Model- Building in LOGO: A Simple Population Evolution and Predator/Prey Program. *Journal of Educational Computing Research*. 4 (3), 227-251.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <http://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wilensky, U. & Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems*

*with NetLogo*. MIT Press.

Wolfram Research, Inc. (2023). *Mathematica*, Version 13.3. Champaign, IL: Wolfram Research, Inc.

## Nota curricular

### Fábio Ferrentini Sampaio

Professor adjunto do Departamento de Sistemas de Informação da EST/IPS – Portugal e colaborador do ccTIC da ESSE/IPS. É Doutor pela Universidade de Londres na área de Tecnologias no Ensino. Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Bacharel em Informática pela mesma Universidade. No Brasil atuou por vários anos como Professor-Pesquisador na área de Tecnologias no Ensino sendo orientador de diversas dissertações de Mestrado e Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI/UFRJ). Coordenou diferentes projetos financiados por agências de fomento federais e estaduais. É também autor de livros e artigos técnicos e científicos publicados em eventos e revistas nacionais e internacionais. ORCID: 0000-0002-4701-2821.

CV:<https://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4780465Z6>

Fábio Ferrentini escreve de acordo com as regras ortográficas do Brasil.