

Modelo Adaptativo para um Framework Educacional

A. M. Baldi, A. A. C. Junior, E. S. C. Rodrigues, F. A. Rodrigues

Resumo — Esse artigo descreve um modelo adaptativo para um *framework* educacional, que se utiliza de dados atencionais a partir de um aparelho eletroencefalograma e do comportamento com base em respostas de exercícios como estímulos de entrada para a modificação do funcionamento da interface de ensino com a tecnologia de adaptatividade. É esperado que o modelo proposto auxilie e aprimore o processo educacional através da individualização e personalização do ensino.

Palavras-chave — Educação, Adaptatividade, Eletroencefalograma, Aprendizagem, Comportamento, Autômato Adaptativo, modelagem.

I. INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, as crianças e jovens possuem acesso a uma quantidade maior de informações, são mais críticos, questionadores e adoram desafios [6]. É de conhecimento que cada indivíduo possui um tempo diferente de aprendizagem e uma maior facilidade em fixar o conteúdo de uma determinada matéria. É preciso admitir uma metodologia individualizada e personalizada na educação para que exista uma melhor abordagem do conteúdo ministrado nas escolas, utilizando um material didático de suporte composto por diversos recursos visuais, auditivos e interativos.

A proposta de um modelo adaptativo para um Framework Educacional permeia o uso da tecnologia na educação e o desenvolvimento de ambientes e sistemas educacionais que possam oferecer um suporte adequado ao estudo e à aprendizagem dos alunos. Tal proposta é classificada como uma coleção de Objetos de Aprendizagem, recursos digitais que podem ser reutilizados em diferentes contextos [8], desta forma o sistema proposto pode ser utilizado em diferentes níveis de ensino, por diferentes faixas etárias, bastando a modificação do conteúdo no banco de dados. Deve-se destacar, no entanto, que o papel e a atuação do professor, mesmo em ambientes como esse, é imprescindível para o acompanhamento e a mediação adequada no desenvolvimento do aluno e favorece a interação homem-máquina no processo de ensino e aprendizagem.

O uso da Tecnologia Adaptativa na proposta auxilia no processo de ensino através da individualização e personalização dos Objetos de Aprendizagem. A Tecnologia Adaptativa é um modelo que possui a propriedade de modificar seu próprio comportamento, sem a interferência de qualquer agente externo

[3]. Esse modelo é de extrema importância em relação a construção de programas de cunho educacional pois possui uma alta capacidade de aprendizagem agregada [4].

O modelo aqui proposto serve como base para a implementação de um protótipo que seja capaz de aferir as diversas ondas cerebrais referentes a atenção do indivíduo e características pessoais de aprendizagem do usuário, fazendo uso da adaptatividade para modificar o funcionamento de uma interface didática. O protótipo consiste em uma implementação desse modelo, um software com interface humano-máquina, que faz uso da eletroencefalografia para a verificação dos níveis atencionais e se utiliza desses dados e dados de respostas do usuário para a modificação da interface didática. A construção do protótipo tem a finalidade de validar o modelo proposto.

II. FUNDAMENTAÇÃO

A. SISTEMAS GUIADOS POR REGRAS

Autômatos e máquinas de estados constituem uma classe de ferramentas formais matemáticas que se mostram bastante adequadas para a descrição e modelagem de uma grande diversidade de sistemas do mundo real, e por essa razão sua utilização é muito frequente nas atividades associadas à resolução de uma vasta gama de problemas de áreas variadas, entre as quais se destaca a engenharia de computação e afins.

Como característica de seu funcionamento, em cada estágio de sua operação esses sistemas assumem diferentes configurações, as quais de uma certa maneira codificam uma espécie de memória histórica do funcionamento do sistema, bem como a situação a que tal sistema está sendo exposto em cada momento.

Assim, usualmente, a configuração de um sistema guiado por regras deve compreender o conteúdo de todo o conjunto dos elementos disponíveis de memória, que sejam responsáveis pelo armazenamento de informações relevantes ao correto funcionamento do sistema.

A operação do sistema é determinada por essa configuração, em conjunto com outro grupo de informações que, embora não façam parte integrante do sistema, são diretamente responsáveis por alimentá-lo com os estímulos externos, determinando assim os passos seguintes de operação a serem executados pelo dispositivo.

A. M. Baldi é estudante de graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Câmpus Ponta Porã.

A. A. C. Junior é professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Câmpus Ponta Porã.

E. S. C. Rodrigues é professora na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Câmpus Ponta Porã.

F. A. Rodrigues é professor na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Câmpus Ponta Porã.

Observa-se, portanto, que o conjunto de regras é previamente conhecido e determina o comportamento do sistema durante toda a sua operação. Dessa forma, a despeito da maneira como a configuração corrente foi atingida, tal configuração, complementada pela sequência dos estímulos externos a que o sistema é submetido, determina integralmente seu comportamento futuro, sem nenhuma perspectiva de alteração das regras que definem esse comportamento.

A operação de um sistema dessa natureza se dá, portanto, pela movimentação sucessiva da tecnologia que o implementa, de uma configuração para outra, como resposta à sequência de estímulos externos a que é submetida, os quais, na maioria dos casos, são consumidos a partir de uma sequência de estímulos de entrada.

Sem perda de generalidade, pode-se afirmar que tais sistemas iniciam sua operação em alguma configuração inicial pré-estabelecida, e que obedece a um conjunto bem conhecido e invariável de condições, impostas quando da concepção do sistema.

O comportamento de um sistema guiado por regras depende, exclusivamente, de um conjunto finito de regras, responsáveis por mapear cada possível configuração do sistema em uma configuração seguinte correspondente, em resposta a algum estímulo de entrada recebido.

B. SISTEMAS ADAPTATIVOS

Os Sistemas Adaptativos também possuem um conjunto de regras. Sem perda de generalidade, pode-se afirmar que tais sistemas iniciam sua operação em alguma configuração inicial pré-estabelecida, e que obedece a um conjunto previamente conhecido, no entanto, variável de regras. Tais regras podem ser modificadas em situações e condições específicas, detectadas a partir dos estímulos externos percebidos.

Nesse contexto, os sistemas adaptativos podem ser descritos como uma dupla composta por uma componente que define um dispositivo guiado por regras não-adaptativo (ou sistema subjacente) e uma componente conhecida como camada adaptativa que define, através das ações adaptativas, as possíveis transformações sobre o dispositivo subjacente [1].

Em cada fase de operação desses sistemas, eles assumem alguma configuração, que é definida como sendo o conjunto de todos os elementos que definem o estado atual do sistema. Dessa forma, o sistema opera sucessivamente, movendo-se de uma configuração para outra, em resposta a estímulos recebidos como entrada. Sem perda de generalidade, pode-se afirmar que tais dispositivos partem de alguma configuração inicial, seguindo um conjunto de regras pré-definido.

Nesse contexto, para definir o modo de operação de um sistema adaptativo, será utilizada a seguinte terminologia:

(i) Passo subjacente: refere-se à mudança de configuração do dispositivo subjacente (não-adaptativo) correspondente.

(ii) Passo adaptativo: refere-se à mudança de configuração do sistema adaptativo. Neste caso, a aplicação de uma regra acompanha a execução de ações adaptativas que, por sua vez, podem provocar alterações no comportamento subsequente do dispositivo subjacente.

A Tecnologia Adaptativa é um campo de pesquisa emergente, ainda em fase de desenvolvimento, com foco sobre

os problemas relacionados com a organização de sistemas complexos em ciência da computação, engenharia de computação e tecnologia da informação [1]. O uso da tecnologia adaptativa no framework educacional possui uma finalidade bastante simples: obter uma capacidade de, sem a interferência de qualquer agente externo, tomar a decisão de modificar seu próprio comportamento, em resposta ao comportamento do usuário. Desta forma, é adquirido um comportamento de acordo com as respostas às perguntas dos conteúdos na interface do usuário (dados de conhecimento) e de acordo com a aferição de dados atencionais relevantes através de um dispositivo eletroencefalograma (dados psicofisiológicos).

Os dados de conhecimento e psicofisiológicos são decisivos quanto ao tipo de alteração comportamental resultante do exercício da adaptatividade. Duas instâncias idênticas de um mesmo sistema adaptativo podem evoluir para comportamentos finais completamente diferentes, de acordo com a diversidade dos eventos a que forem submetidas em suas operações [5].

C. FORMALISMOS HABITUAIS E ALGUMAS DE SUAS APLICAÇÕES

A seguir, um panorama dos principais formalismos para modelagens de sistemas adaptativos e algumas aplicações:

- Autômatos Adaptativos

Baseado em autômatos de pilha estruturados, são formalismos com recursos de auto modificação, que possuem a característica de representar linguagens que são dependentes de contexto. Uma aplicação é a inferência de linguagens regulares e livres de contexto [11].

- Statecharts Adaptativos

Proposto pela tese de Almeida Junior em 1995, incorporando adaptatividade ao formalismo clássico de statecharts concebido por David Harel [12].

- Statecharts Adaptativos Sincronizados

Uma evolução dos Statecharts Adaptativos, acrescentando redes de Petri restritas [13].

- Redes de Markov Adaptativas

Uso das Redes de Markov para adaptatividade em fenômenos estocásticos. Uma aplicação é a geração automática de músicas por computador [14].

- Gramáticas Adaptativas

Apresentam capacidade de expressar os aspectos léxico, sintático e semântico de uma linguagem para a adaptatividade. Uma possível aplicação é no processamento de textos em linguagem natural [15].

- Tabelas de Decisão Adaptativas

Apresentam uma aplicação interessante do conceito de dispositivos adaptativos para o campo de sistemas de informação [16].

- Árvores de Decisão Adaptativas

Adequadas para as tarefas de aquisição e representação de conhecimento. Uma de suas aplicações é na construção do adaptree-E, um algoritmo de aprendizagem computacional proposto por Hemerson Pistori [17].

- Autômatos Finitos Adaptativos

Capazes de reconhecer quaisquer linguagens que possam ser reconhecidas por outros modelos computacionais conhecidos, se assemelhando aos Autômatos Adaptativos, porém com características restritivas tornando-os próximos aos Autômatos Finitos [18].

- Redes de Petri Adaptativas

Formalismo que envolve uma camada adaptativa nas Redes de Petri, tornando-as auto modificáveis. Uma aplicação implementada é o Visualizador Gráfico para Redes de Petri Adaptativa [19].

- Máquinas de Turing Adaptativas

Ambiente de execução no qual o programa a ser executado é armazenado na fita da máquina de Turing, permitindo a auto-modificação [20].

- Linguagens de Programação Adaptativas

Formas de modificar a linguagem de programação tradicional em códigos adaptativos. Um trabalho realizado é demonstrado em [21] com formas de programar códigos adaptativos.

D. AUTÔMATOS ADAPTATIVOS NA MODELAGEM DO FRAMEWORK EDUCACIONAL

Para modelar o Framework educacional, utilizaremos o formalismo de autômato adaptativo, proposto por Ricardo Luis de Azevedo da Rocha e João José Neto. Os autômatos adaptativos são ferramentas confiáveis para modelagem de ambientes físicos, possuindo poder computacional equivalente à Máquina de Turing [10]. O Autômato Adaptativo incorpora a característica dos Autômatos de Estados Finitos, desenvolvendo novas configurações em resposta a um estímulo externo. Os estados de um Autômato Adaptativo podem passar por consultas, exclusões e inclusões para a finalidade de atingir o objetivo final de aceitação.

Especificamente em nossa modelagem, vamos utilizar a coleção de objetos de aprendizagem formada por textos, imagens, vídeos e questionários por diversas lições.

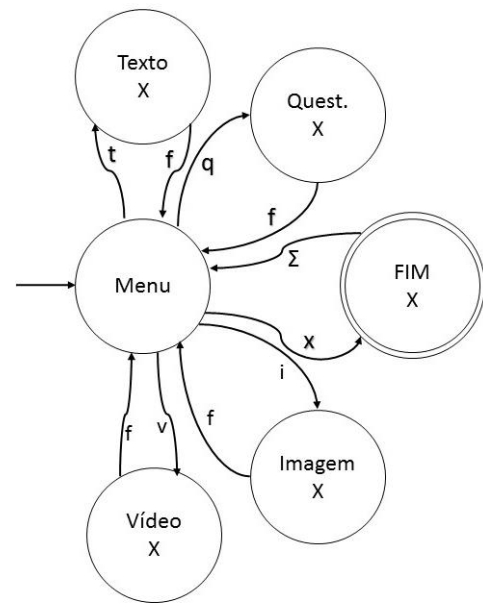


Figura 1. Autômato Representativo.

Na Figura 1 podemos observar a representação do funcionamento de um software educacional não-adaptativo que interage com o usuário para a mudança dos estados. Cada estado do autômato representa o funcionamento atual do framework. Por exemplo, o estado Texto X representa a exibição do texto encontrado na lição X (Sendo $X=1,2,3,\dots$). O estado Quest. X representa um questionário (formado por perguntas e opções de respostas) sobre a lição X.

Cada transição representa a ação tomada no sistema. As transições t,i,v,q,f,x representam respectivamente: requisição para objeto de aprendizagem texto da lição x, requisição para objeto de aprendizagem imagem da lição x, requisição para objeto de aprendizagem vídeo da lição x, requisição para objeto de aprendizagem questionário da lição x, finalização da execução do objeto de aprendizagem, finalização da lição dos objetos de aprendizagem. Podemos observar que a transição Σ retorna ao estado inicial de execução, no entanto, antes do retorno é feita a modificação da lição (X). É importante ressaltar que nesse modelo o usuário informa o tipo de objeto de aprendizagem e lição de sua preferência para a aprendizagem.

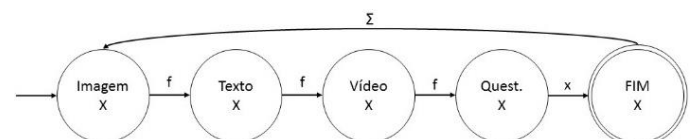


Figura 2. Autômato Finito Inicial.

Já na figura 2, podemos visualizar o Autômato Finito não-adaptativo que é o ponto “inicial” da modelagem do Autômato Adaptativo. Como podemos perceber, o usuário já deixa de ser o controlador do objeto de aprendizagem e da lição. Esse

autômato pode ser considerado a parte subjacente do dispositivo adaptativo formado pelo Framework Educacional. De acordo com as regras apresentadas, o Framework Educacional apresentará uma sequência dos objetos de aprendizagem Imagem, Texto, Vídeo e Questionário em uma determinada lição, trocando para a próxima lição ao final da execução. Nesse modelo, o usuário será forçado a passar por todos os objetos de aprendizagem, abandonando a ideia de uma individualização e personalização do conteúdo e aumentando a possibilidade de dispersão de atenção e abandono do software por parte do usuário.

Com a implantação da camada adaptativa, esse modelo torna-se inteligente pois há a possibilidade de substituir um objeto de aprendizagem por outro e uma lição por outra. Dessa forma, ao utilizar o framework, a sequência de conteúdo é atualizada, criando novos estados pelo qual o framework poderá executar. Note que o material ao qual o aluno será exposto não estará necessariamente em uma sequência, podendo ser considerado “novo”.

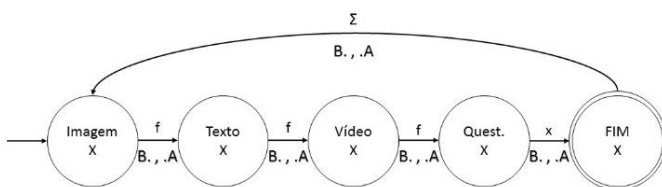


Figura 3. Autômato Adaptativo.

Na figura 3, temos o autômato adaptativo modelado. As ações adaptativas estão representadas por: B. que são as ações adaptativas aplicadas antes da transição e .A que são as ações adaptativas aplicadas após a transição.

Uma questão importante é em relação às regras adaptativas. Essas regras devem ser criadas pelo professor, pedagogo ou até mesmo médico especialista dependendo da regra a ser inserida. Por exemplo, regras que se utilizam de padrões nas ondas cerebrais só podem ser entendidas por um médico e, portanto, só podem ser criadas com o auxílio dele.

Como exemplo, podemos citar duas regras a serem aplicadas no Framework educacional:

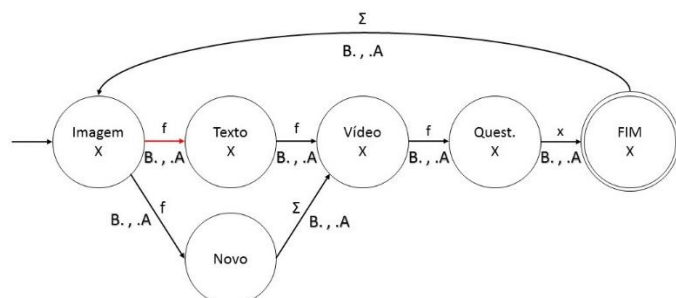


Figura 4. Retirada de objeto de aprendizagem.

1. Retirar o objeto de aprendizagem ao qual o aluno presta menos atenção, de acordo com os dados do

eletroencefalograma (Fig. 4). Observe que a transição em vermelho não existe mais, dando origem a uma nova transição e estado (novo).

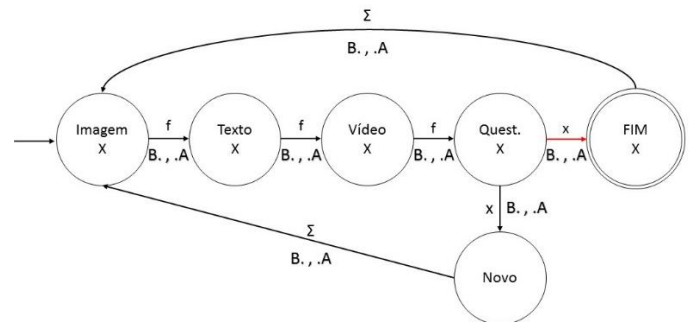


Figura 5. Lição não aprendida.

2. Voltar a lição não aprendida, de acordo com a resposta errada no questionário (Fig. 5). Observe que a transição em vermelho não existe mais, dando origem a uma nova transição e estado (novo).

É importante notar que dependendo da maneira na qual as regras de adaptatividade estão dispostas no dispositivo adaptativo, as instâncias podem evoluir de uma forma completamente diferente. Também é interessante pensar que é possível criar um dispositivo adaptativo sob a camada adaptativa, de forma que as regras adaptativas sejam também adaptadas.

III. A ADAPTATIVIDADE NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM

“Atento”, “descansado” e “calmo” são algumas das palavras que descrevem o estado ideal do indivíduo durante o processo de aprendizado. Essas palavras possuem um impacto significativo na aprendizagem. Por exemplo: um estudante cansado possui um rendimento menor que um estudante atento e um estudante desatento pode indicar que não gosta da maneira que o conteúdo está sendo transmitido. Esses estados podem mudar devido a diversas circunstâncias: circunstâncias físicas, circunstâncias emocionais e circunstâncias cognitivas [2].

O modelo de framework educacional aqui descrito utiliza a combinação de duas abordagens:

- (i) Psicofisiológico: Faz o monitoramento de sensores biométricos (EEG) para inferir estados sobre o corpo e a mente.
- (ii) Conhecimento: Faz o monitoramento das ações do usuário sobre as perguntas do programa educacional (erros e acertos) para inferir a aprendizagem do usuário sobre determinado assunto.



Figura 6. Abordagens do Modelo de Framework Educacional.

É importante notar que a combinação das duas abordagens (Fig. 6) fornece uma maior precisão na inferência do estado do usuário, evitando também interpretações erradas. Se existisse apenas o sensor EEG como estímulo externo, o mecanismo adaptativo faria a inferência apenas dos estados relacionados a atenção do indivíduo, sem levar em conta os erros e acertos do usuário no programa, dando a possibilidade de apresentar conteúdos em modo aleatório na interface sem individualizar e personalizar o método de ensino para atrair a atenção do usuário. Um bom exemplo descrito no livro *Intelligent Adaptive Systems: An Interaction-centered Design Perspective* é o detector de mentiras, que verifica batimentos cardíacos rápidos irregulares, excesso de sudorese e temperatura elevada, mas que cabe ao operador da máquina (que pode ser considerado o mecanismo adaptativo em questão) verificar se o indivíduo em interrogatório está nervoso, doente ou se o ambiente está com uma temperatura elevada [2]. Existem ainda diversas outras abordagens e sensores para estímulos externos que serão mencionados na seção “outras abordagens” desse artigo e que tornam o sistema ainda mais preciso.

Os sistemas não-adaptativos não possuem características de individualização e personalização do conteúdo e utilizam apenas a interação com o usuário para formar a base de conteúdo.

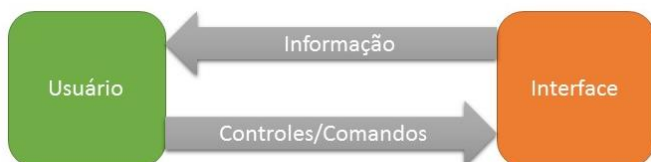


Figura 7. Modelo Não-adaptativo de Framework Educacional.

Desta forma, o usuário que utiliza um sistema educacional não-adaptativo (Fig. 7) possui mais chances de perder o interesse na aprendizagem da matéria.

O modelo proposto nesse artigo possui um mecanismo adaptativo que atua sobre o funcionamento da interface do usuário, recebendo os dados de monitoria em tempo real do

estado do usuário através do monitoramento psicofisiológico e de conhecimento no processo de aprendizagem. O mecanismo funciona em paralelo a diversos módulos e não interrompe nenhuma tarefa em execução.

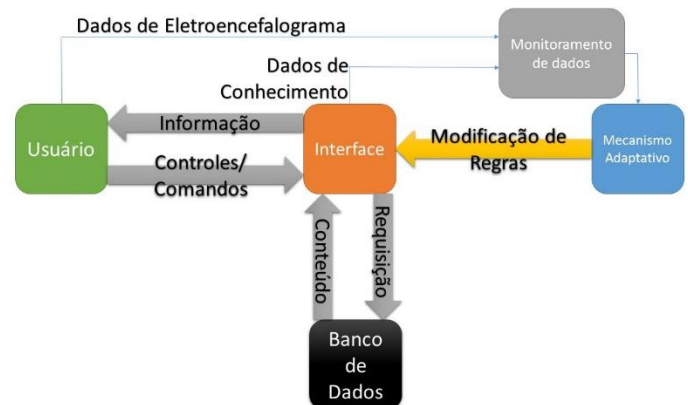


Figura 8. Modelo Adaptativo de Framework Educacional.

O modelo adaptativo (Fig. 8) é composto por quatro módulos:

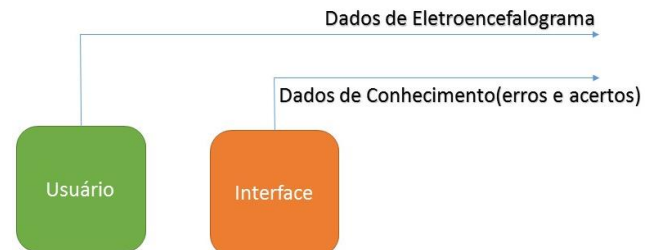


Figura 9. Módulo de Sensoriamento.

(i) Módulo de sensoriamento (Fig. 9), que consiste na aferição dos dados do aparelho de eletroencefalograma e verificação de erros/acertos no programa;

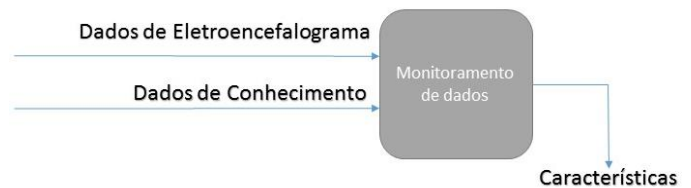


Figura 10. Módulo de Dados.

(ii) Módulo de dados (Fig. 10), que é o algoritmo que faz o monitoramento e avaliação da aprendizagem do indivíduo a partir do módulo de sensoriamento fazendo a extração de características relacionadas ao estado do indivíduo;



Figura 11. Módulo de Conteúdo.

(iii) Módulo de conteúdo (Fig. 11), que é o conjunto de conteúdos instrucionais, tais como vídeos, textos e exercícios para avaliação da aprendizagem;

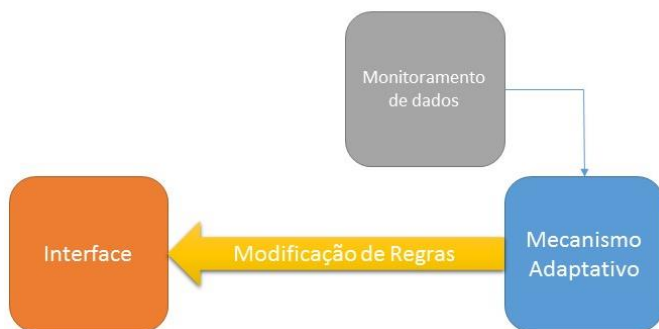


Figura 12. Módulo Pedagógico.

(iv) Módulo pedagógico (Fig. 12), que é responsável pela verificação do módulo de dados e adequação da interface de ensino através da seleção dos conteúdos do módulo de conteúdo, modificando as regras da interface.

Os módulos anteriormente descritos integram um feedback que constitui a tecnologia adaptativa em si, tendo o módulo pedagógico como o mecanismo adaptativo, que ajusta as regras da interface conforme o feedback de dados do monitoramento. Desta forma, há o ajuste e adequação dos conteúdos na maneira como são mostrados na interface do sistema, aumentando a eficiência do processo de ensino.

O mecanismo de funcionamento desse modelo é correspondido a abstração formal, na qual o comportamento da interface é regido por um conjunto finito explícito de regras que especificam como deve ser a execução. Para cada nova situação em que se encontre as características do usuário, há uma alteração no conjunto de regras que define o funcionamento da interface e consequentemente nas requisições ao conjunto de conteúdo do programa.

V. IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para validar o modelo proposto de um Framework Educacional que utiliza tecnologias adaptativas, será construído um protótipo utilizando as ferramentas:

A. ELETROENCEFALOGRAMA

O eletroencefalograma, ou EEG, é realizado através de um dispositivo leve, pequeno e prático de se usar, o MindWave Mobile, produzido pela empresa Neurosky.



Figura 13. Neurosky Mindwave

O dispositivo em questão (Fig. 13) é usado na parte externa da cabeça (couro cabeludo) e é responsável pela captura das ondas cerebrais através de um único eletrodo seco que é posicionado na região da testa.

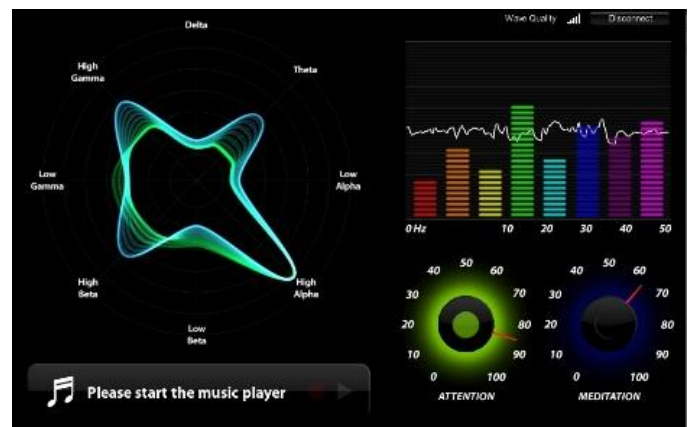


Figura 14. Representação Gráfica dos Dados de Captura do EEG

Os dados aferidos pelo EEG (Fig. 14) são os espectros de potência na forma das ondas: alfa alta, alfa baixa, beta alta, beta baixa, delta, gama alta, gama baixa e teta; valores por porcentagem de meditação e atenção; detecção do piscar de olhos; qualidade, ruído e problemas do sinal EEG. O dispositivo utiliza uma pilha AAA que garante a autonomia de até 8 horas para funcionamento. Os dados do EEG são transmitidos através da tecnologia bluetooth 2.1, que permite a mobilidade do usuário em até 10 metros [7].

B. PROCESSING

O Processing é uma IDE (ambiente de desenvolvimento) e linguagem de programação totalmente Open Source (de código

aberto) que foi criada em 2001 com o princípio de programar facilmente algoritmos que envolvem elementos artísticos em computação gráfica e que têm evoluído desde então para uma ferramenta profissional de desenvolvimento.

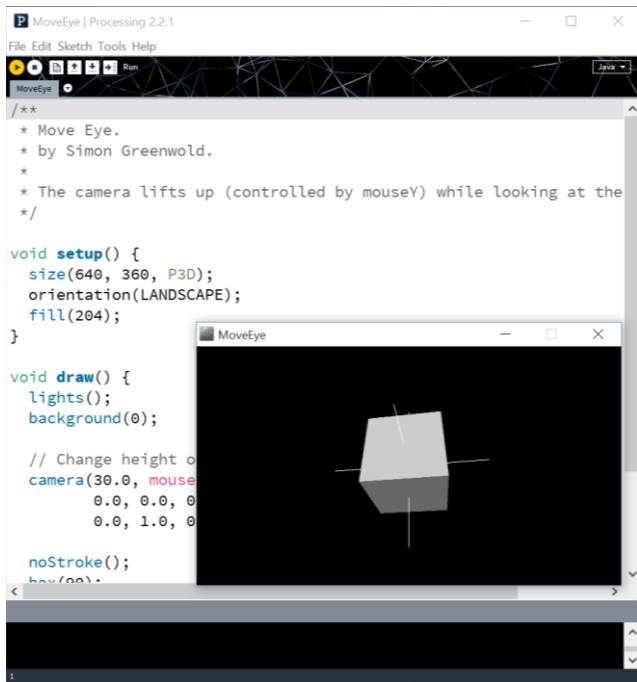


Figura 15. Ambiente de Desenvolvimento Processing

Atualmente, o Processing (Fig. 15) é mais utilizado como uma ferramenta para auxiliar no processo criativo, fornecendo um ambiente simples e intuitivo que trabalha em conjunto a diversas bibliotecas livres e comumente utilizadas.

Para o modelo proposto, as bibliotecas do Processing e sua forma de programação serão úteis na integração com o dispositivo eletroencefalograma e na apresentação de uma interface intuitiva para o usuário, mostrando conteúdo, avaliando e reagindo de acordo com os princípios pedagógicos e metas educacionais.

Como todo algoritmo adaptativo, o software será formado por um dispositivo subjacente e um dispositivo adaptativo. O dispositivo subjacente é a interface de interação com o usuário, que já possui regras definidas de funcionamento e que são modificadas pelo dispositivo adaptativo, o módulo pedagógico.

Dessa forma, o software é capaz de oferecer ao aluno a mesma qualidade de aprendizagem que um professor particular poderia oferecer, adequando a estratégia de aprendizagem de acordo com as necessidades.

VI. OUTRAS ABORDAGENS

Existem diversas outras abordagens que podem ser incluídas nesse modelo de sistema adaptativo, tornando-o mais acurado tanto na aferição da condição do usuário quanto na maneira em que as informações são exibidas.

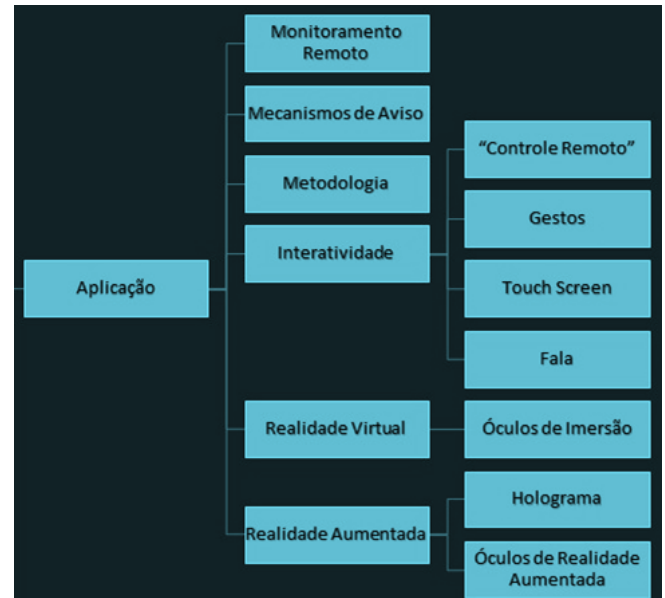


Figura 16. Novas Abordagens na Aplicação

Uma das novas abordagens é em relação à aplicação (Fig. 16), ou seja, em relação à interface e a maneira em que as informações são exibidas para o usuário e como ele interage com elas. Desta forma, algumas técnicas novas estão descritas abaixo:

(i) Monitoramento Remoto: profissionais podem ter acesso ao que é feito na interface em tempo real para ajustar as regras dos mecanismos de exibição. Além disso, podem ter acesso ao histórico de dados e sensores.

(ii) Mecanismos de Aviso: mecanismo que avisa a um profissional caso as modificações geradas pelo mecanismo adaptativo não sejam suficientes para manter a atenção do usuário.

(iii) Controle Remoto: utilização de um controle de movimentos como o Wii Remote para interação com a tela (mouse).

(iv) Gestos: utilização de uma câmera inteligente como o Kinect V2.0 para capturar gestos e interagir com a aplicação

(v) Touch Screen: utilização de tela com reconhecimento de toques para interação com a aplicação.

(vi) Fala: utilização de interação por conversas e comandos de voz.

(vii) Óculos de imersão: utilização de óculos de realidade virtual como o Oculus Rift para a criação de ambientes virtuais de ensino.

(viii) Hologramas: Construir um “avatar” e projetá-lo como um holograma para interagir com o usuário.

(ix) Óculos de Realidade Aumentada: usar um dispositivo como o Google Glass para criar objetos virtuais de interação com o mundo real.

Todas as abordagens anteriores melhoram a interação do usuário com o sistema, com consequência na melhora do processo de aprendizagem. É importante ressaltar que a adaptatividade poderia também estar presente em cada uma das abordagens de interação pois, desta forma, o sistema poderia aprender qual a melhor abordagem de interação para que o usuário aprenda melhor. Exemplo: Usuário aprende melhor utilizando comandos de voz ao invés de toques na tela.

Outras abordagens têm relação com o ambiente de estudos do usuário e são abordagens contextuais. Apesar do modelo proposto nesse artigo não citar nenhuma abordagem contextual, elas estão indiretamente ligadas a maneira em que o usuário está aprendendo e a modificação dessas abordagens resulta em um maior ou menor aprendizado do usuário em relação ao conforto do ambiente.

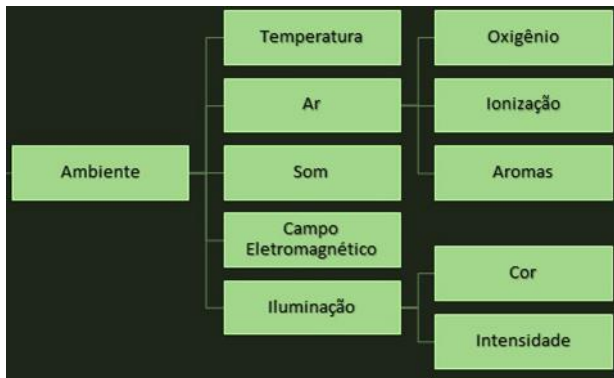


Figura 17. Novas Abordagens no Ambiente de Estudos (contextuais).

As abordagens contextuais ou do ambiente (Fig. 17) estão descritas abaixo e poderiam ser modificadas pelo sistema adaptativo:

- (i) Temperatura: A temperatura ideal para que o usuário sinta confortável para estudar.
- (ii) Oxigênio: nível de oxigênio ideal no ar permitindo ao usuário um maior foco nos estudos.
- (iii) Ionização: benefícios produzidos pelos íons negativos que surtem efeito no foco do usuário.
- (iv) Aroma: determinados aromas despertam sensações nos seres humanos e afetam os estudos.
- (v) Som: efeitos no aprendizado com músicas e ruídos.
- (vi) Campo Eletromagnético: os sistemas sem fio das atuais tecnologias produzem muitos campos eletromagnéticos que afetam o funcionamento do cérebro e consequentemente da qualidade dos estudos.
- (vii) Cor da Iluminação: sensações que as cores possibilitam aos seres humanos (cromoterapia).
- (viii) Intensidade da Iluminação: intensidades da luz que afetam os estudos.

As abordagens anteriores poderiam ser modificadas e adaptadas no ambiente de estudos através de equipamentos especiais de controle e automação e estariam à disposição do sistema adaptativo.

As próximas abordagens definem diversas variáveis que poderiam ser aferidas pelo sistema adaptativo para uma melhor acurácia na disposição das informações ao usuário.

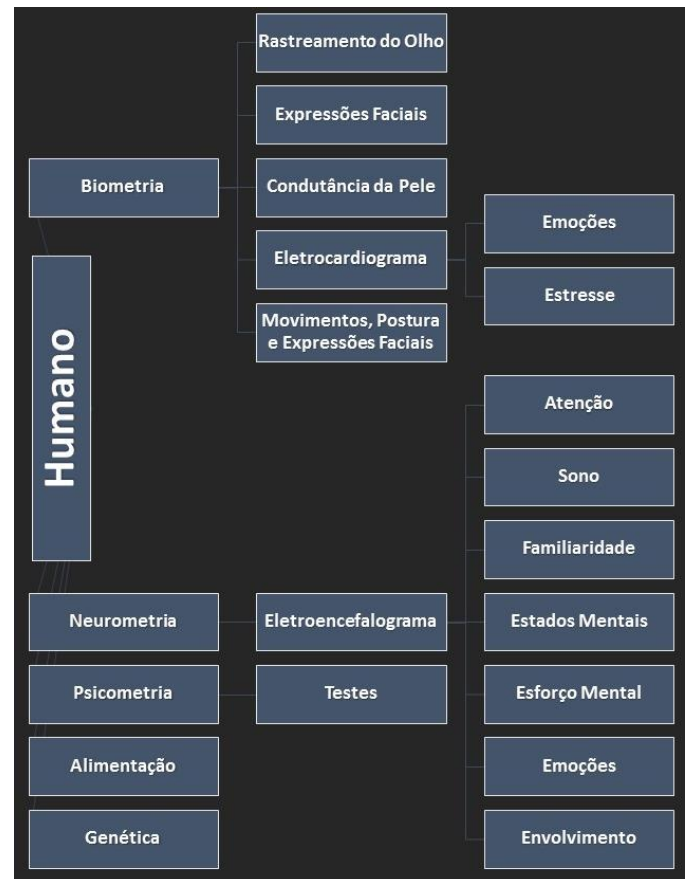


Figura 18. Novas Abordagens no Sensoriamento Humano.

As abordagens de sensoriamento humano (Fig. 18) permitem que o sistema adaptativo saiba com maior precisão o que adaptar na interface do usuário pois aferem outros dados que podem ser imprescindíveis na busca pela personalização e individualização do ensino.

(i) Rastreamento do Olho: observa a dilatação das pupilas, piscar dos olhos, movimento do globo ocular e direção do olhar.

(ii) Expressões Faciais: interpreta as respostas faciais de acordo com o processo de aprendizagem.

(iii) Condutância da Pele: interpreta estados de relevância emocional através da superfície da pele (produção de suor).

(iv) Emoções através do eletrocardiograma: interpreta batimentos cardíacos para detectar relevâncias emocionais.

(v) Estresse através do eletrocardiograma: interpreta batimentos cardíacos para detectar estresse.

(vi) Psicologia através dos Movimentos, Postura e Expressões Faciais: utiliza a visão computacional para detectar e aplicar técnicas da psicologia comportamental.

(vii) Testes psicométricos: faz testes para colher resultados a respeito da personalidade (auditivo, visual e cinestésico).

(viii) Alimentação: verifica a nutrição do usuário para detectar a presença de alimentos que melhoram a cognição.

(ix) Genética: verificar características próprias dos usuários para fazer adaptações individuais.

A Neurometria está sendo usada no modelo atual apresentado, no entanto há mais abordagens que podem ser obtidas a partir de outros dados das ondas cerebrais.

V. CONCLUSÃO

O artigo descreve um modelo adaptativo de um Framework para Ensino simples, que faz uso apenas da tecnologia de eletroencefalograma e das respostas do usuário à interface para modificar o comportamento dos conteúdos da interface de software.

O uso da tecnologia EEG no modelo adaptativo possui alguns benefícios como não ser invasivo, ser portátil, possibilitar o descobrimento de novos padrões comportamentais e aferir dados em tempo real. No entanto, essa tecnologia possui muitos dados de entradas, representação através de números complexos, é suscetível a ruídos de sinais eletrônicos e as medições podem ser modificadas por outras atividades elétricas geradas pelo movimento do corpo. A combinação da abordagem EEG (psicofisiológica) com o nível de acertos do usuário melhora e/ou resolve muitos dos problemas apresentados, aumentando a acurácia do sistema adaptativo.

O uso da tecnologia EEG combinada ao comportamento das respostas do usuário à interface num dispositivo adaptativo melhora com o uso de outras abordagens na aplicação, no ambiente e no sensoramento do corpo humano. Os próximos passos dos autores serão a viabilização na implementação de outras abordagens ao modelo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro do Programa de Educação Tutorial / Ministério da Educação.

REFERÊNCIAS

- [1] NETO, J. José. Um levantamento da evolução da adaptatividade e da tecnologia adaptativa. Revista IEEE América Latina, v. 5, n. 7, p. 1548-0992, 2007.
- [2] HOU, Ming; BANBURY, Simon; BURNS, Catherine. Intelligent Adaptive Systems: An Interaction-centered Design Perspective. CRC Press, 2014.
- [3] DIZERÓ, Wagner José. Formalismos adaptativos aplicados na modelagem de softwares educacionais. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [4] NETO, J. José. Contribuições à metodologia de construção de compiladores. São Paulo: Tese de Livre Docência, USP, 1993.
- [5] JUNIOR, A. A. de Castro. Adapbot desenvolvimento de sistemas adaptativos para o controle de processos robóticos. Chamada FUNDECT/CNPq No 08/2009 - CPPP, Outubro de 2009.
- [6] Instituto Crescer. Crescer em rede. <http://institutocrescer.org.br/cresceremrede/>, 2015.
- [7] Neurosky, Site de informações do Mindwave Mobile. <http://store.neurosky.com/products/mindwave-mobile>, 2015.
- [8] EDUCATION, Emma Eccles Jones. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy.
- [9] RAMOS, Marcus Vinícius Midena; NETO, João José; VEJA, Ítalo Santiago. Linguagens Formais: teoria, modelagem e implementação. Bookman, 2009.
- [10] ROCHA, Ricardo L. Azevedo; NETO, João José. Autômato adaptativo, limites e complexidade em comparação com máquina de Turing. In: Proceedings of the. 2000. p. 33. ROCHA, Ricardo L. Azevedo; NETO, João José. Autômato adaptativo, limites e complexidade em comparação com máquina de Turing. In: Proceedings of the second Congress of Logic Applied to Technology – LAPTEC. 2000. p. 33-48, 2001.
- [11] NETO, João José. Adaptive automata for context-dependent languages. ACM Sigplan Notices, v. 29, n. 9, p. 115-124, 1994.
- [12] NETO, J. José. Um levantamento da evolução da adaptatividade e da tecnologia adaptativa. Revista IEEE América Latina, v. 5, n. 7, p. 1548-0992, 2007.
- [13] DOS SANTOS, José Maria Novaes. Um formalismo adaptativo com mecanismo de sincronização para aplicações concorrentes. 1997. Tese de Doutorado. Basseto, B. A. Um sistema de composição musical automatizada, baseado em gramáticas sensíveis ao contexto, implementado com formalismos adaptativos. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2000
- [14] BASSETO, Bruno Arantes. Um sistema de composição musical automatizada, baseado em gramáticas sensíveis ao contexto, implementado com formalismos adaptativos. 2000. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado), EPUSP, São Paulo.
- [15] IWAI, Margarete Keiko; NETO, João José. Introdução às Gramáticas Adaptativas. Boletim Técnico, PCS-POLI-USP, São Paulo, Brasil, 2000.
- [16] NETO, João José. Adaptive rule-driven devices-general formulation and case study. In: Implementation and Application of Automata. Springer Berlin Heidelberg, 2002. p. 234-250.
- [17] PISTORI, Hemerson. Tecnologia adaptativa em engenharia de computação: Estado da arte e aplicações. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2003.
- [18] QUEIROZ, Diego. Uma definição simplificada para o estudo das propriedades dos autômatos finitos adaptativos. Quarto Workshop de Tecnologia Adaptativa - WTA 2010. EPUSP, 2010.
- [19] CAMOLESI, A. R. Uma Metaferramenta de Apoio à Tecnologia Adaptativa. Revista IEEE.
- [20] PELEGRINI, Eder José. Códigos adaptativos e linguagem para programação adaptativa: conceitos e tecnologia. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [21] FREITAS, A. V. D., & Neto, J. J. (2006). Adaptive languages and a new programming style. WSEAS International Conference.

Alessandro Murta Baldi, cursando graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Câmpus Ponta Porã (UFMS - CPPP). Bolsista integrante do grupo PET – Fronteira (Programa de Educação Tutorial - Ministério da Educação). Desenvolve pesquisa nas áreas de Sistemas Embarcados, Tecnologias Adaptativas, Tecnologias Educacionais e Informática Médica.
Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7548137559386546>.

Amaury Antônio de Castro Junior, obteve o título de bacharel e mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e de doutor em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). É professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), lotado no Campus de Ponta Porã (CPPP), atuando como docente na graduação e junto ao Programa de Mestrado Profissional em Computação Aplicada à Agricultura e Pecuária da Faculdade de Computação (FACOM) da UFMS. Bolsista do Programa de Educação Tutorial - PET/SESu/MEC, atuando como Tutor do Grupo PET/Fronteira; coordenador do Programa de Extensão NERDS da Fronteira (Núcleo Educacional de Robótica e Desenvolvimento de Software) e Secretário Regional da SBC (Sociedade Brasileira de Computação) no estado de Mato Grosso do Sul. Tem experiência em gestão acadêmica no ensino superior, adquirida através da atuação na coordenação de diversos cursos de graduação e na direção de câmpus avançado. Tem interesse pelos seguintes temas de pesquisa na área de Ciência da Computação: Teoria da Computação,

Tecnologia Adaptativa, Inteligência Computacional, Linguagens de Programação, Tecnologias Educacionais e Robótica.
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6311632162541654>.

Elisângela Silva da Cunha Rodrigues, Doutora em Ciências, com ênfase em Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2012), Mestre em Informática pela Universidade Federal de Campina Grande (2002) e Bacharel em Informática pela Universidade Federal de Pelotas (2000). Professora Adjunto I da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Ponta Porã. Atua na área de Ciência da Computação, com ênfase em Informática para Biodiversidade, Computabilidade e Modelos de Computação. Dentre os seus interesses de pesquisa, destacam-se: Entropia Máxima, Princípio MDL, Tecnologia Adaptativa, Algoritmos de Modelagem de Nicho Ecológico, Redes Neurais Artificiais e Tecnologia em Petróleo e Gás Natural.
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9860692793246856>.

Fabício Augusto Rodrigues, Doutor em Ciências, com ênfase em Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2012), Mestre em Informática pela Universidade Federal de Campina Grande (2002) e Bacharel em Sistemas de Informação pela Universidade Potiguar (1999). Atua na área da Ciência da Computação, cujas pesquisas estão relacionadas principalmente com as subáreas da Inteligência Artificial e da Informática para a Biodiversidade. Atualmente, é professor efetivo da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no Campus de Ponta Porã. Dentre os seus interesses de pesquisa, destacam-se: Redes Neurais Artificiais, Algoritmos de Modelagem de Nicho Ecológico, Algoritmos Paralelos, Análise de Desempenho de Algoritmos, Tecnologia Adaptativa, Aprendizagem de Máquina, Atenção Visual e Visão Computacional.
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4868911296156309>.