PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Universidade Federal do Rio de Janeiro

MARCELO RAMOS SOARES

MODELO COMPUTACIONAL EVOLUTIVO, ADAPTATIVO E PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES COGNITIVAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rio de Janeiro,
2014

Instituto de Matemática

Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais

Marcelo Ramos Soares

MODELO COMPUTACIONAL EVOLUTIVO, ADAPTATIVO E PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES COGNITIVAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI), Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Informática**.**

Orientadora: Profª. Claudia Lage Rebello da Motta, D.Sc.

Rio de Janeiro,

2014

S676 Soares, Marcelo Ramos
Modelo computacional para a avaliação das funções cognitivas / Marcelo Ramos Soares. – 2014.
105f.: il.

Orientador: Claudia Lage Rebello da Motta;
Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Programa de Pós-Graduação em Informática, 2014.

1. Modelo Computacional. 2. Avaliação Cognitiva 3. Computação Evolutiva. – Teses. I. Claudia Lage Rebello da Motta. (Orient.).
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais. IV. Título.

CDD:

Marcelo Ramos Soares

MODELO COMPUTACIONAL EVOLUTIVO, ADAPTATIVO E PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES COGNITIVAS

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Matemática, e Instituto Tércio Pacitti da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovado em: ____/_____/_____:

_____

Profª. Claudia Lage Rebello da Motta, D.Sc., NCE e PPGI/UFRJ (Orientadora)

_____

Profª. Priscila Machado Vieira Lima, Ph.D., NCE e PPGI/UFRJ

_____

Prof. Carlo Emmanoel Tolla de Oliveira, Ph.D., NCE/UFRJ

_____

Prof. Sean Wolfgand Matsui Siqueira, D.Sc., UNIRIO

Agradecimentos

Deixo aqui os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que me ajudaram de forma direta ou indireta neste trabalho. A passagem de vocês pela minha vida resultou em um conjunto de reflexões que me permitiram chegar até esse momento tão importante.

Primeiramente agradeço Deus, que sem Ele eu não teria conseguido e dedico esse trabalho a Ele.

Agradeço à minha família pelo apoio e compreensão em todos esses anos de muitos estudos e conquistas.

Sou muito grato à minha orientadora Claudia Motta pelas incontáveis horas de dedicação notáveis, pelas idas e vindas entre inúmeros ajustes. Muito obrigado.

Agradeço também aos professores Carlo Emmanoel e Carla Verônica, a dupla dinâmica. Mais do que professores, vocês são amigos que levarei para toda vida. Deixo aqui os meus sinceros agradecimentos pelas horas de discussões matemáticas e visões neurocientíficas de alto nível.

Agradeço ao meu amigo Victor Ribeiro, grande máquina da programação, uma pessoa que tive o prazer de conhecer e tê-lo me ajudando neste trabalho. Deixo meus agradecimentos à equipe da Ramos3d Studio pela compreensão e respeito pela minha ausência. Deixo também o meu sincero agradecimento aos meus chefes Mônica Derrico e Ronaldo Smerio da Fundação Oswaldo Cruz por todo apoio e compreensão.

Muito obrigado a todos.

Resumo

SOARES, Marcelo Ramos. **MODELO COMPUTACIONAL EVOLUTIVO, ADAPTATIVO E PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES**. 2014. 101f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Este trabalho está focado no desenvolvimento de um modelo que permite coletar dados de desempenho baseado no processo de resolução dos desafios e não apenas na resposta final, que se limita entre *Certo* ou *Errado*. Deste modo, o trabalho ao qual esta pesquisa se propôs foi de elaborar um modelo computacional de característica evolutiva, adaptativa e preditiva acompanhado por um sistema de pontuação denominado Crivo Lógico Matemático, que por sua vez, possui uma tabela de escala de intensidade das respostas que visa medir o quanto que o indivíduo domina determinado assunto.

Com as estratégias de adaptação e evolução presentes neste trabalho, o Modelo Computacional prevê a personalização das atividades para cada participante. Isso significa que cada jogador terá uma experiência diferente do outro, pois seus desafios serão baseados em seu desempenho anterior.

A estrutura deste Modelo Computacional foi elaborada de modo que possa servir como uma ferramenta de auxílio para futuros sistemas de avaliação cognitiva que visam possuir características evolutiva, adaptativa e preditiva.

Abstract

SOARES, Marcelo Ramos. **MODELO COMPUTACIONAL EVOLUTIVO, ADAPTATIVO E PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES**. 2014, xxxf. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

This work is focused on developing a model that allows you to collect performance data based on the challenges resolution process, not just the final answer, which is confined between Right and Wrong. Thus, the work to which this research aims was to develop a computer model of evolutionary, adaptive and predictive feature accompanied by a scoring system called Logical Riddle Math, which in turn, has an intensity scale table of the answers aims to measure how much the individual dominates certain subject.

With the strategies of adaptation and evolution present in this work, the Computational Model provides for the customization of activities for each participant. This means that each player will have a different experience of the other, because their challenges will be based on your past performance.

The structure of the Computational Model was developed so that it can serve as a support tool for future cognitive assessment systems to have evolutionary, adaptive and predictive features.

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura do CAS 18
Figura 2 - Tela do jogo espacial 19
Figura 3 - Tela do jogo de atenção no Lumosity 20
Figura 4 - Esquema gráfico da organização da dissertação em capítulos 24
Figura 5 - Primeira unidade funcional 27
Figura 6- Segunda unidade funcional 27
Figura 7- Terceira unidade funcional 28
Figura 8 - Estrutura do Intelecto 30
Figura 9 - Representação de signos 33
Figura 10 - Representações visuais do jogo computacional 34
Figura 11- Cruzamento das dimensões cognitivas 37
Figura 12 - Sistema básico de algoritmo genético 41
Figura 13 - Estrutura básica inicial 44
Figura 14 - Estrutura do modelo computacional 45
Figura 15 - Níveis de desafios 49
Figura 16 - Resultado das salas 50
Figura 17 - Combinação de candidatos de acordo com a pontuação 51
Figura 18 - Margem aceitável do fitness 52
Figura 19 - Mutação para próxima fase 52
Figura 20 - Série Temporal 54
Figura 21 - Entrelace 54
Figura 22 - Desafio do cofre 60
Figura 23 - Relação entre o cofre os relógios 60
Figura 24 - Esquema de avaliação por sala 63
Figura 25 - Organização dos crivos no sistema 63
Figura 26 - Recorte sobre o Crivo Evolutivo 64
Figura 27 - Frequência evolutiva 65
Figura 28 – Organização temporal trabalho e educação 68
Figura 29 - planta baixa do ambiente virtual 70
Figura 30 - Bateria de sub-jogos 71
Figura 31 - Game Design Document (GDD) 76

Figura 32 – Storyboard 77
Figura 33 - Personagem e ambiente 78
Figura 34 – Personagem principal 78
Figura 35 – Jogabilidade e efeitos sonoros 79
Figura 36 – Processo de evolução 84
Figura 37 – Grafo do processo evolutivo do participante 1 88
Figura 38 – Grafo do processo evolutivo do participante 2 88
Figura 39 - Principais desafios encontrados 98

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Canal viso-motor (Marques, C. V. M. Níveis semióticos: graus de transparência iconográfica das representações. Rio de Janeiro: NCE/UFRJ, 2011. 2p.) 35
Tabela 2 - Organização dos processos avaliados 46
Tabela 3 – Crivo geral de uma sala 57
Tabela 4 - Crivo do jogador e escala de atitude 58
Tabela 5 – Sensor de rastreamento comportamental simples 61
Tabela 6 - Quadro geral das variáveis 71
Tabela 7 – Resultado participante 1 85
Tabela 8 – Resultados Participante 2 87
Tabela 9 – Sequência do Participante 1 na fase 1 89
Tabela 10 – Sequência do Participante 1 na fase 2 90
Tabela 11 – Sequência do Participante 1 na fase 3 91
Tabela 12 – Sequência do Participante 1 na fase 4 91
Tabela 13 – Sequência do Participante 2 na fase 1 92
Tabela 14 – Sequência do Participante 2 na fase 2 92
Tabela 15 – Sequência do Participante 2 na fase 3 93
Tabela 16 – Sequência do Participante 2 na fase 4 93

Lista de Siglas

BGE Blender Game Engine

CASS Cognitive Assessment System

EI Estrutura do Intelecto

GDD Game Design Document

IA Inteligência Artificial

PASS Planejamento, Atenção, Simultâneo e Sucessivo

SME Secretaria Municipal de Educação

TDAH Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade

SUMÁRIO

1.1 Motivação e Justificativa 15
1.3 Hipótese 16
1.4 Objetivos 16
1.4.1 Objetivo Geral **16**
1.4.2 Objetivos Específicos **16**
1.5 Trabalhos Relacionados 17
1.7 Metodologia 22
1.8 Contribuição da Pesquisa 22
1.9 Organização da Dissertação 23

CAPÍTULO 2 – FUNÇÕES COGNITIVAS 25

2.1 Unidades cerebrais e a teoria PASS 26
2.2 Estrutura do Intelecto 30
2.3 Níveis Semióticos 32
2.4 Cruzamento das dimensões cognitivas 36

CAPÍTULO 3 – MODELO COMPUTACIONAL EVOLUTIVO, ADAPTATIVO E PREDITIVO 40

3.1 Introdução aos processos evolutivo, adaptativo e preditivo 41
3.2 Modelo Computacional 42
3.3 Crivo matemático com escala de mensuração de atitudes 56
3.4 Modelo de educação personalizada 65

CAPÍTULO 4 – INTERFACE DE COLETA DOS DADOS 69

4.1 Sistema Computacional de Avaliação Cognitiva 70

CAPÍTULO 5 – DOCUMENTO DE DESENVOLVIMENTO DO JOGO 74

5.1 Documentação básica 74
5.2 Imersão estética 80
5.3 Tecnologias adotadas 81

CAPÍTULO 6 – RESULTADOS OBTIDOS 83

6.1 Dados Coletados 84
6.2 Evolução com base no desempenho 88
6.3 Considerações finais 94

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS..... 96

7.1 CONSIDERAÇÕES 97

7.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS 98

7.3 TRABALHOS FUTUROS 100

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

CAPÍTULO 1 - Introdução

"Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças."

Charles Darwin

Neste capítulo a pesquisa é apresentada de forma sucinta, iniciando com a motivação e justificativa para a elaboração de um modelo computacional evolutivo, adaptativo e preditivo, bem como sua hipótese, objetivos e contribuições relacionadas ao processo de ensino de acordo com neurociência cognitiva. Além disso, expõe a metodologia aplicada no desenvolvimento da pesquisa e a forma de organização da dissertação.

1.1 Motivação e Justificativa

Atualmente com os avanços da tecnologia sobre a neurociência cognitiva, há muitos recursos disponíveis para auxiliar no processo de criação de sistemas computacionais para captura e avaliação cognitiva. Consequentemente, a qualidade das baterias de testes de avaliação tende a ser cada vez mais interessante. Ao verificar a literatura é possível encontrar sistemas de avaliação cognitiva como o *Cognitive Assessment System* (CAS) desenvolvido por Das e Naglieri (1997), os Testes de Habilidades Cognitivas Woodcock-Johnson (Woodcock; McGrew; Mather, 2001), que medem a inteligência por bateria de testes e desafios distintos e o projeto CogCauge, que é uma bateria de testes voltados para treinamento espacial (Reeves et al., 2007). De acordo com os estudos e sistemas disponíveis, nota-se a possibilidade de contribuição com um modelo computacional que possibilite a realização de baterias de testes cognitivos de maneira que sejam evolutivas e adaptativas. Segundo Piaget, o processo adaptativo está ligado ao grau de sobrevivência cognitiva do ser (Piaget, 1986), sendo assim, é interessante que, por meio de algoritmos específicos, o modelo evolua com a finalidade de se adaptar ao indivíduo para que o mesmo não passe por nenhum processo de exclusão que algum teste possa gerar.

Outro ponto relevante é a ausência de um conjunto de crivos matemáticos com tabelas que medem a qualidade das respostas entre um intervalo determinado. A existência desses crivos, atrelados ao modelo computacional, torna possível obter um maior nível de detalhamento das respostas evitando que o resultado final seja apenas baseado em definições entre certo e errado.

1.2 Problema

Atualmente no âmbito dos sistemas computadorizados para avaliação de funções cognitivas não há com clareza a existência de um modelo que permita a medição do grau da intensidade das respostas obtidas. Excluindo os engenhos de avaliação que são desenvolvidos para um público que possua algum distúrbio específico, percebe-se que os demais sistemas computadorizados de avaliação cognitiva visam verificar se o indivíduo é capaz de executar ou não uma determinada tarefa, deste modo, esta resposta retornará com um valor positivo ou negativo. Portanto, não haveria a possibilidade de identificar o grau de intensidade do conhecimento sobre a tarefa apresentada. Para Bandura, o processo regido pelo sistema de certo e errado é um processo tedioso e muito perigoso pelo fato dos erros terem um custo elevado, ou

seja, uma punição potencialmente traumatizante (Bandura, 2008).

1.3 Hipótese

De acordo com Piaget, entre os diferentes níveis de sobrevivência, o processo de adaptação se encontra presente tanto em âmbito biológico quanto intelectual (Piaget, 1986). Ainda segundo Piaget, a adaptação intelectual é composta pela assimilação de novos conhecimentos provenientes de um ambiente externo (Piaget, 1986). Deste modo, a hipótese é que: a criação de um modelo computacional sirva como ferramenta de auxílio no processo de desenvolvimento de testes cognitivos com características evolutiva e adaptativa. Com isso, este modelo pode ser um objeto útil e replicável para outros sistemas de avaliação cognitiva.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa propõe um modelo computacional com princípios evolutivo, adaptativo e preditivo a fim de que possa ser adotado como ferramenta de auxílio para o desenvolvimento de baterias de testes de avaliação cognitiva.

1.4.2 Objetivos Específicos

De forma a alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Elaboração do modelo computacional à luz das teorias cognitivas – A Estrutura do Intelecto (Guilford, 1967) e a teoria PASS: Planejamento, Atenção, Simultâneo e Sucessivo (Das e Naglieri, 1997).
- Construção do modelo de crivo lógico matemático com tabela de grau de intensidade das respostas previamente preenchidos tendo como base o modelo do Sistema de Avaliação Cognitiva (Das e Naglieri, 1997).
- Aplicação do modelo em uma bateria de testes desenvolvidos especialmente para esta pesquisa. Os testes foram desenvolvidos para um público com idade de 7 a 12 anos.

1.5 Trabalhos Relacionados

Após uma revisão na literatura, alguns trabalhos que mais se aproximaram da pesquisa aqui proposta estão relatados nesta seção.

O *Cognitive Assessment System* (CAS) é uma bateria de testes desenvolvido para avaliar os processos cognitivos em crianças com idades entre 5 à 17 anos (Das e Naglieri, 1997), cujo propósito é fornecer características cognitivas por meio das dimensões identificadas por Luria (1981), que são: Planejamento, Atenção, Simultâneo e Sucessivo.

O CAS possui semelhança com os Testes de Habilidades Cognitivas Woodcock-Johnson (Woodcock ; McGrew; Mather, 2001), pelo fato de ambos medirem a inteligência com uma gama de múltiplas habilidades. No entanto, a ligação direta com os estudos de Luria faz com que o CAS esteja mais próximo do trabalho aqui proposto. O motivo para a teoria PASS ser utilizada pelo CAS é que a *"medida psicológica, mesmo baseada em respostas observáveis, teria pouco significado ou utilidade a menos que pudesse ser interpretada à luz da construção teórica subjacente."* (Das & Naglieri, 1997).

O CAS possui três escalas: A Escala Completa, as escalas de Planejamento, Atenção, Processamento Simultâneo e Sucessivo, e os subtestes de acordo com a Figura 1. A Escala Completa é uma bateria padrão com subtestes com pesos iguais dos quatro processos cognitivos. O escore nessa escala fornece um índice do nível geral do funcionamento cognitivo do indivíduo. As escalas PASS são quatro escalas que avaliam cada uma um determinado processo cognitivo. Sendo assim, são usadas para identificar dificuldades ou facilidades num determinado processo. Os subtestes podem formar duas combinações: a Bateria Básica, que inclui oito subtestes, e a Bateria *Standard* que inclui doze subtestes (Das & Naglieri, 1997).

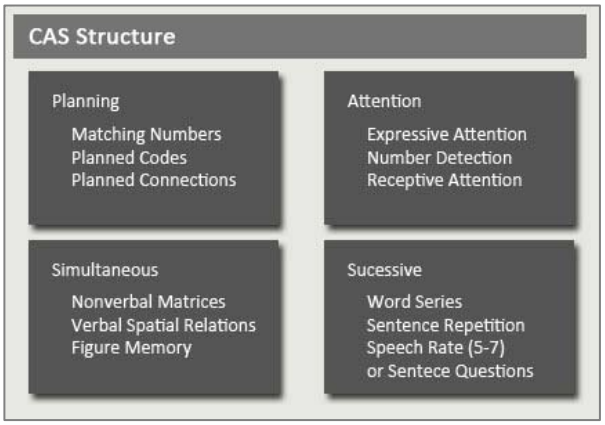


Figura 1 - Estrutura do CAS

O CogGauge aparece como segundo trabalho relacionado por apresentar um processo de captura de funções cognitivas assim como CAS (Das & Naglieri, 1997). No entanto, a abordagem lúdica é um pouco diferente. O CogGauge é uma ferramenta para avaliação cognitiva em vôos espaciais e foi projetado para avaliar a presença de déficits cognitivos a partir da exposição de uma ampla gama de ambientes, condições, eventos tais como: Estresse térmico, pressão, traumatismo crânico-encefálico, microgravidade, fadiga física, radiação e privação do sono (Johnston et al., 2011). O CogGauge é apresentado como um jogo contendo uma bateria de testes neuropsicológicos validados pela *Authomated Neuro-physiolocal Assessment Metrics* (ANAM®), que é uma biblioteca de testes computadorizados desenvolvidos para um amplo espectro de aplicações clínicas e de pesquisa. A ANAM possui ainda os seus testes psicológicos patrocinados principalmente pelas forças armadas dos Estados Unidos (Reeves et al., 2007) e também pela e pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

O CauGauge contém nove mini-jogos com 3 diferentes Níveis de dificuldade a fim de expor o usuário ao aumento da carga de trabalho cognitiva. Cada mini-jogo acontece em diferentes planetas no sistema solar e estão focados no processo de avaliação das funções cognitivas, mas não limitadas a: Tempo de reação simples, Atenção e Memória. Observe a Figura 2 a seguir.

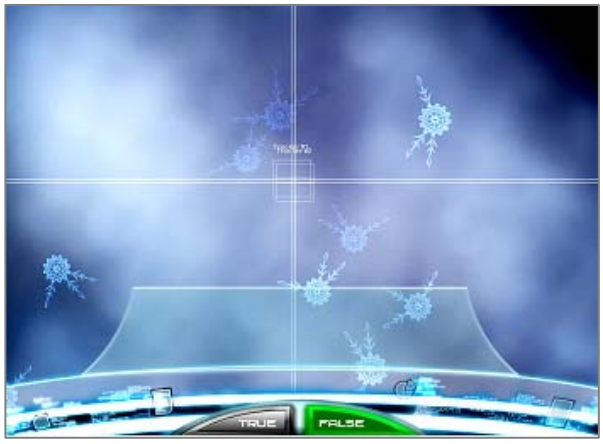


Figura 2 - Tela do jogo espacial

A avaliação individualizada permite ao jogador criar um perfil e realizar as atividades que são acompanhadas ao longo do tempo, monitorando o histórico de desempenho em cada um dos nove mini-jogos. Além disso, o CogGauge também é acompanhado por um software que permite o gerenciamento e análise dos dados após o processo de coleta (Johnston et al., 2012). Alguns dos principais benefícios da ferramenta são: processo de avaliação de aproximadamente 5 minutos, análise personalizada de acordo com a implementação da ferramenta e compatibilidade com sistemas Android e Windows.

O próximo trabalho relacionado é a plataforma *Lumosty,* Figura 3. Seguindo a estrutura de um sistema de avaliação cognitiva, o Lumosity é uma ferramenta online que possibilita qualquer indivíduo exercitar suas habilidades cognitivas básicas tais como memória, atenção, velocidade de processamento e resposta, inibição entre outros processos executivos (Scanlon et al., 2007). Esta avaliação é realizada através de tarefas desenvolvidas pela equipe interna de neurocientistas da Lumos Labs, empresa responsável pelo desenvolvimento do Lumosity. Segundo a documentação apresentada pela Lumos Labs, a metodologia utilizada visa apresentar uma demanda de tarefas específicas de modo repetitivo, intenso, adaptável e altamente segmentada para os indivíduos (Hardy; Scanlon, 2009).

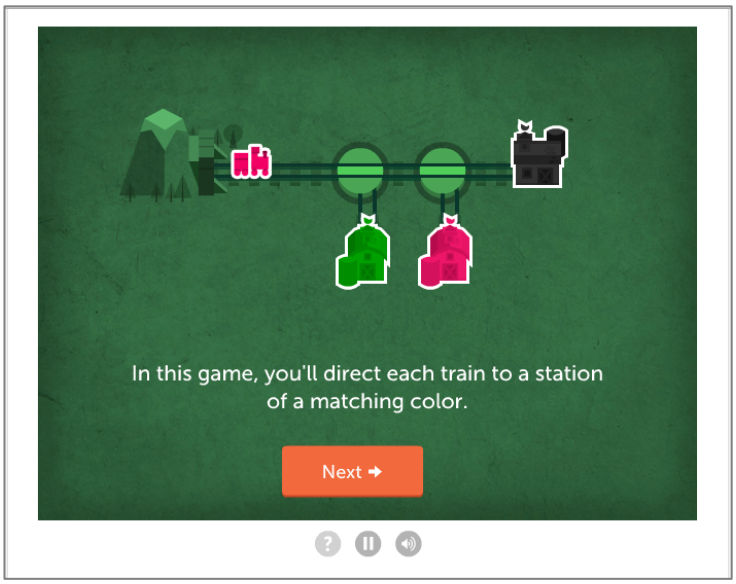


Figura 3 - Tela do jogo de atenção no Lumosity

Em relação ao funcionamento da ferramenta, ao iniciar o Lumosity o indivíduo é conduzido a um painel de customização onde é possível personalizar o sistema de treino com atividades que tem interesse em realizar. No entanto, isso não significa que esta customização irá interferir na complexidade das atividades. Uma vez customizados, estes jogos servirão como agentes calibradores de nível a fim de definir a habilidade inicial do jogador. O sistema online do Lumosity recomenda que o participante jogue mais vezes durante a semana a fim de que seja realizado um rastreamento do progresso das funções cognitivas.

Em um estudo objetivando verificar a eficácia do Lumosity sobre os aspectos de atenção visual e memória, um grupo de 23 voluntários com idade média de 54 anos foram recrutados de locais diferentes nos Estados Unidos. Este grupo foi dividido aleatoriamente em um grupo de Treinamento e outro de Controle. O grupo de Treinamento concluiu um treino diário de exercícios. Eles treinaram uma média de 29,2 sessões e cada participante completou as tarefas dentro de 20 minutos. Toda esta intervenção durou 5 semanas. Ambos os grupos realizaram uma bateria de avaliações cognitivas no início e no final do estudo. Ao final, constatou-se que o grupo Treinado obteve melhora significativa nos aspectos de Atenção visual e memória enquanto o grupo Controle não obteve resultado expressivo. Desta forma, constatou-se que o treinamento realizado ocasionou a melhora nas habilidades cognitivas fundamentais (Scanlon et al., 2007).

A avaliação interativa é uma expressão utilizada para descrever uma série de

procedimentos relacionados aos processos ligados ao pensamento e aprendizagem (Ashman e Conway, 1997). Ainda de acordo com Ashman e Conway, *"Uma instrução efetiva sempre envolve alguma forma de pré-avaliação, instrução e re-avaliação para determinar o sucesso do processo de aprendizagem."* (Ashman e Conway, 1997). Ao observar a metodologia da pesquisa realizada por Scanlon (2007), nota-se a presença da Avaliação Interativa que também possui uma importante relação com a metodologia aplicada pelo trabalho aqui proposto.

Em um segundo estudo, Stemberg et al.(2012) realizam um teste para avaliar o desempenho cerebral de participantes através de um treinamento baseado em repetição e avaliações dinamicamente geradas. Verificou-se que o resultado geral é sensível aos efeitos do treinamento cognitivo, ou seja, o treinamento tem provocado melhorias nas habilidades cognitivas fundamentais.

Analisando objetivamente as conexões relevantes dos trabalhos relacionados ao trabalho aqui proposto tem-se: o processo de medição das funções cognitivas inerentes à teoria PASS através de uma bateria de testes propostos pelo CAS. Em seguida, o CogGauge apresenta as seguintes variáveis a serem capturadas como informações importantes: Tempo de reação simples e Atenção. Ambas variáveis juntamente com o processo de avaliação individualizado. Por fim, a estratégia de calibração adotada pelo Lumosity baseada na Avaliação Interativa e a medição da atenção e planejamento existente nas atividades.

Há outros trabalhos relacionados que seguem alguns conceitos interessantes como: O Jogo do Supermercado (Andrade et al., 2009) desenvolvido para auxiliar no processo de diagnóstico do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). A escala de avaliação de inteligência WISC IV (Wechsler, 2013), que é um kit desenvolvido para avaliação da inteligência em crianças com idades de até 6 anos e de 1 ano à 16 anos e 11 meses. Outro kit para avaliação da inteligência chamado WASI – Cubos (Wechsler, 2014), tendo como faixa etária indivíduos com idade entre 6 a 89 anos. O Teste de Atenção Dividida (Rueda, 2013), tendo como público alvo indivíduos com idade entre 18 e 72 anos. O teste Wisconsin (Heaton et al., 2005), que avalia a função executiva: planejamento, flexibilidade de o pensamento, memória do trabalho, monitorização e inibição de perseverações. O teste Figuras Complexas de Rey, que visa avaliar a percepção visual e a elaboração dessa percepção (Rey, 2010). O Teste D2 (Brickenkamp, 2000), que visa avaliar a atenção concentrada. Por fim, a Escala de Maturidade Mental (Burgemeister et al, 2001), que visa medir a capacidade de raciocínio geral de crianças

com idade entre 3 anos e 6 meses a 9 anos e 11 meses).

1.7 Metodologia

Esta dissertação está organizada em etapas de acordo com os procedimentos metodológicos que orientam a construção de uma pesquisa científica.

A primeira etapa consiste no levantamento bibliográfico referente ao tema de interesse e que fundamenta a estrutura elaborada do modelo proposto.

A segunda etapa aborda a construção da proposta de um modelo computacional evolutivo, adaptativo e preditivo à luz da literatura inicialmente levantada. Ainda nesta fase, existe também a construção de um modelo de crivos matemático com tabelas de mensuração do grau de atitudes.

A terceira etapa compreende o processo do desenvolvimento de um jogo computacional, que faz uso do modelo apresentado nesta pesquisa, visando atender a hipótese formulada.

Na quarta etapa ocorrerá a validação do modelo que consiste na aplicação do jogo computacional para coleta dos dados. A validação do modelo é verificada através da comparação entre os resultados iniciais do indivíduo com os resultados finais, justamente após o sistema ter evoluído e se adaptado ao nível do participante.

Para a aplicação do jogo foi utilizado 2 participantes com idades entre 7 a 12 anos.

A quinta etapa consiste na análise dos dados coletados e na elaboração do relatório da pesquisa realizada a fim de verificar se a hipótese foi satisfatoriamente atendida.

Por fim, as considerações finais devem ser apresentadas, bem como os trabalhos futuros.

1.8 Contribuição da Pesquisa

Este trabalho disponibiliza um modelo computacional que descreve uma sequência de processos que visam servir de base para aplicação de avaliações cognitivas com perfil evolutivo, adaptativo e preditivo. A fundamentação deste modelo baseia-se nas unidades cerebrais identificadas por Luria (1981), sobre as quais o CAS também se projeta e que constituem a teoria PASS: Planejamento, Atenção, Simultâneo e Sucessivo (Das e Naglieri, 1997). Ainda segundo Luria, sem a participação de ao menos uma destas unidades cerebrais, nenhuma atividade mental poderia ser realizada (Luria, 1981).

A segunda contribuição deste trabalho consiste na disponibilização de um conjunto de crivos matemáticos com escalas de mensuração de atitudes. Além de terem o objetivo de medir a intensidade da resposta, que varia entre precário à excelente, estes crivos também servem como base de auxílio no processo de interpretação das ações do jogador uma vez que possuem informações previamente armazenadas sobre as possíveis respostas que poderão ser dadas. É válido ressaltar ainda que, a elaboração deste conjunto de crivos também possui por base teórica o cruzamento estabelecido entre as teorias PASS (Luria, 1981) e a teoria da Estrutura do Intelecto (EI) por Guilford (1967), assunto exposto no Capítulo 2.4. Em sua teoria, Guilford apresenta que a inteligência é vista em três partes como Operação, Conteúdo e Processos, que são apresentadas no Capítulo 2.2. A realização deste cruzamento conta ainda com a participação da variação semiótica (Peirce, 1999) com o objetivo de aumentar e reduzir o nível de complexidade visual das atividades bem como verificar o grau de interferência que estas mudanças podem causar na qualidade das respostas. O objetivo deste processo de controle sobre a qualidade das respostas é tornar a pontuação final a mais fiel possível de acordo com conhecimento real do indivíduo, sem limitá-lo à simples variação entre certo e errado.

A terceira contribuição desta pesquisa é a disponibilização da metodologia traçada para desenvolver ambientes tridimensionais para avaliação de funções cognitivas com o custo reduzido e, também, as tecnologias utilizadas. Apresentando também o relato dos desafios e problemas encontrados.

1.9 Organização da Dissertação

Este trabalho está estruturado da seguinte Forma: o Capítulo 2 diz respeito à fundamentação teórica que sustenta a pesquisa, bem como sua relevância dentro da neurociência cognitiva. Em seguida, o Capítulo 3 apresenta o Modelo Computacional e sua descrição de funcionamento, além da apresentação de sua importância à luz da neurociência cognitiva. Quanto ao Capítulo 4, este apresenta a interface de coleta de dados que foi desenvolvida para esta pesquisa. O Capítulo 5 refere-se à documentação básica necessária para se desenvolver um sistema lúdico para avaliação cognitiva. O Capítulo 6 apresenta os resultados obtidos após a aplicação do jogo sistema lúdico. Por fim, no Capítulo 7 são apresentas as considerações finais e trabalhos futuros.

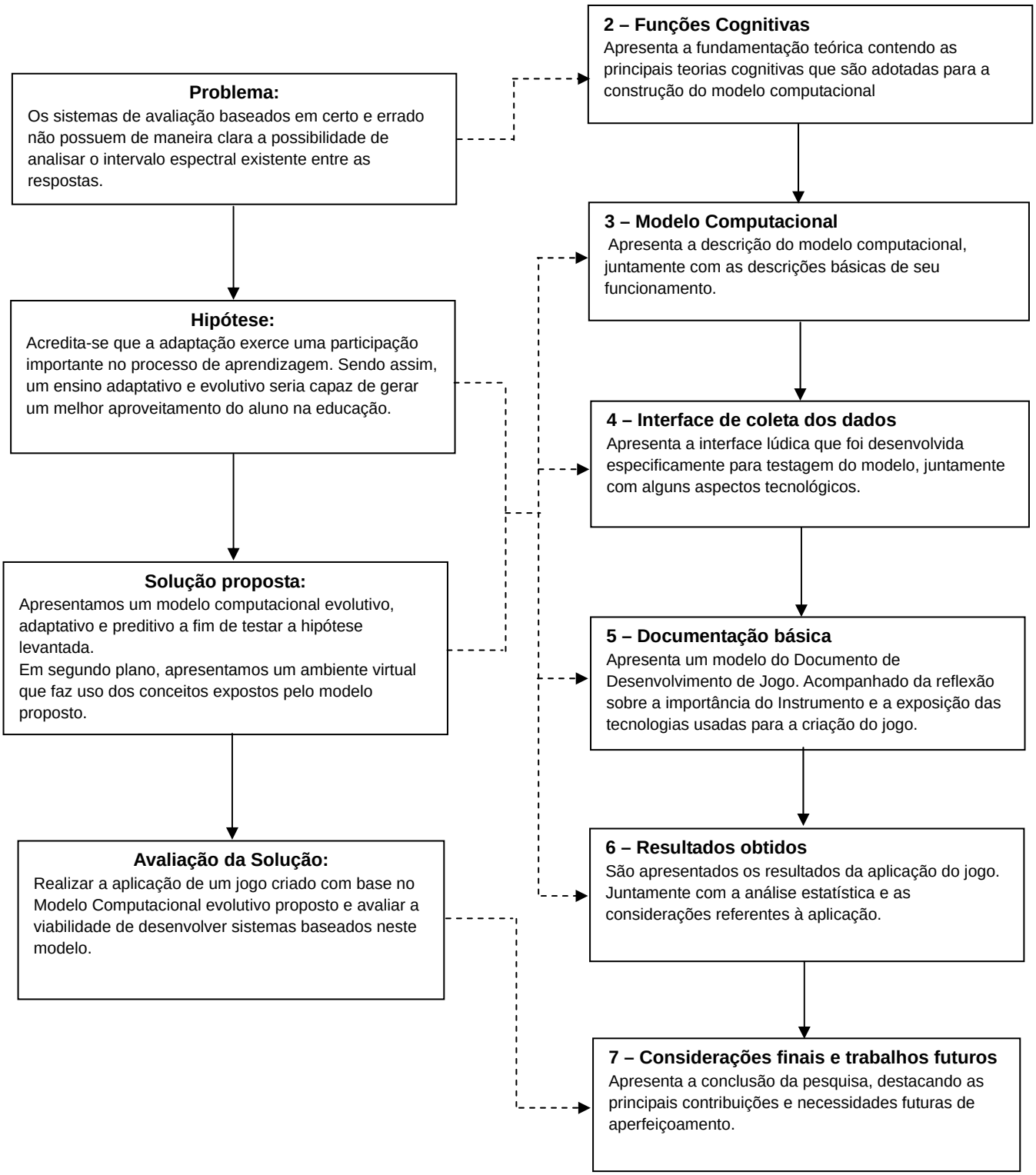


Figura 4 - Esquema gráfico da organização da dissertação em capítulos

CAPÍTULO 2 – Funções Cognitivas

"Nasceu gente é inteligente."

Jean Piaget

Neste capítulo são apresentados os temas referentes à neurociência cognitiva que fundamentam o modelo computacional proposto por este trabalho, bem como as descrições de como as teorias se aplicam a esta pesquisa.

Seguindo uma sequência inicial são abordadas as unidade cerebrais identificadas por Luria (1981), que foi uma importante contribuição para o surgimento da Teoria PASS (Das e Naglieri, 1997). Em seguida, a teoria da Estrutura do Intelecto (Guilford, 1995), que apresenta a organização do intelecto humano em forma de dimensões cognitivas. Por fim, a presença da semiótica oriunda dos estudados de Charles S. Peirce (Peirce, 1999) e sua relevância tanto para o modelo quanto para o jogo computacional.

2.1 Unidades cerebrais e a teoria PASS

Os estudos de Luria contribuíram diretamente para a construção da teoria PASS (Das et al., 1994). Sendo assim, é importante analisar as definições de Luria antes de apresentar a teoria PASS de fato.

A definição sobre as unidades cerebrais estudadas por Luria (1981) foi alcançada após um persistente processo de investigação a fim de responder questionamentos referentes à natureza da organização funcional. Estes questionamentos refletiam o desconhecimento cientifico durante a década de 70 que, segundo Luria, a ciência se contentava com as explicações dadas a partir de analogias entre o cérebro e uma série de sistemas reativos (Luria, 1981). No entanto, o aprofundamento de Luria sobre a organização funcional resultou em definições valiosas como salientado por Languis e Miller ao apontar que a teoria sobre as funções cognitivas havia se tornado um modelo para pesquisas dentro do campo da psicofisiologia e que pode ser usada perfeitamente para prever padrões de processamento cerebral desde tarefas mais simples às mais complexas (Languis & Miller, 1992).

As pesquisas e análises sobre lesões cerebrais realizadas por Luria são consideradas uma das fontes mais importantes de conhecimento sobre a atividade mental (Languis & Miller, 1992). Como resultado das investigações, Luria apresenta a descrição dos processos cognitivos como partes inseridas em três unidades funcionais, de modo que todo tipo de atividade mental depende de ao menos uma das três unidades (Luria, 1981).

Observando a Figura 5, a primeira unidade refere-se ao tronco cerebral, aos gânglios da base e ao sistema límbico. Sendo esta unidade a responsável pela ativação das demais estruturas cerebrais a partir da troca com o córtex fazendo com que esta unidade esteja ligada ao processo de atenção (Luria, 1981).

Figura 5 - Primeira unidade funcional

A segunda unidade funcional engloba os lobos temporal, parietal e occipital do córtex. Tendo como principal função a recepção, a análise e o processo de armazenamento da informação. Sendo assim, esta unidade é responsável pela codificação e processamento representada pela Figura 6.

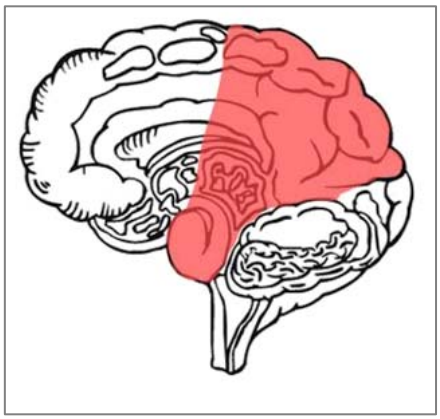


Figura 6- Segunda unidade funcional

De acordo com a Figura 7, a terceira unidade funcional está voltada para a tomada de decisão e planejamento. Esta unidade inclui o lobo frontal, que está ligado à programação, regulação e controle das ações.

Figura 7- Terceira unidade funcional

O estudo de Luria que resultou na definição das unidades funcionais do cérebro é uma importante contribuição para a neurociência cognitiva, de modo que estas definições serviram de base para fundamentar e orientar o desenvolvimento da bateria de testes do Sistema de Avaliação Cognitiva denominado CAS (Das & Naglieri, 1997). À luz da teoria PASS, o CAS foi desenvolvido para avaliar os processos cognitivos referentes ao Planejamento, Atenção, Simultâneo e Sucessivo de indivíduos com idade entre 5 e 17 anos.

A teoria PASS foi introduzida mais recentemente nos estudos de avaliação psicoeducacional por Das & Naglieri (1990), que desenvolveram testes cognitivos com o objetivo a princípio de medir os processos simultâneos e sucessivos. Em seguida, Das, Naglieri e colaboradores adicionaram as unidades de Atenção e Planejamento (Das et al., 1994; Das & Naglieri 1997). Sendo assim, Das e Naglieri introduzem o CAS (Naglieri & Das, 1997) baseado nas unidades funcionais identificadas por Luria.

Como o modelo computacional aqui proposto trabalha sobre a mesma teoria cognitiva que o CAS, é válido ressaltar as definições técnicas dos processos cognitivos aqui trabalhados segundo o manual do CAS (Das & Naglieri, 1997). Assim sendo, de acordo com o manual, o planejamento é um processo mental no qual os indivíduos determinam, selecionam e avaliam possíveis soluções para os problemas. Este processo se manifesta tanto para a resolução de tarefas simples quanto para as mais complexas e pode envolver também os processos de atenção, simultâneo e sucessivo (Das & Naglieri, 1997).

A atenção é um processo mental no qual o indivíduo, ao focar-se em um ponto, inibe respostas a outros estímulos presentes durante esse tempo. Os processos simultâneo e sucessivo caminham juntamente com a atenção. Por exemplo, atenção simultânea está relacionada ao processo realizado pela mente em que exige extrair mais de uma informação ao mesmo tempo, enquanto a atenção sucessiva exige uma organização sequencial das ações (Das e Naglieri, 1997)

A importância da teoria PASS para este trabalho está ligada diretamente ao funcionamento do modelo computacional aqui proposto. Pois os processos de evolução, adaptação e predição serão alimentados pelos resultados coletados através de uma interface lúdica, que por sua vez, é a responsável por capturar os dados das ações do jogador durante as atividades criadas para avaliar as atividades referentes ao processo de planejamento, atenção, simultâneo e sucessivo. O ponto diferencial entre este processo de avaliação e o sistema CAS é que esta pesquisa possui um modelo computacional que visa ajustar as atividades e evoluí-las acompanhando a velocidade de evolução do jogador. Além disso, este modelo computacional não sugere a existência de severas punições caso o desempenho do indivíduo seja inferior ao esperado. Deste modo, este modelo não se projeta sobre o padrão convencional de avaliação dos jogos eletrônicos que varia entre certo e errado, mas com a participação dos crivos matemáticos com escalas de mensuração de atitudes, as repostas serão avaliadas dentro de um espectro que varia entre precária à excelente, assunto tratado no Capítulo 3.4. Esta estratégia é interessante porque, segundo Bandura, dois fatores precisam ser considerados: primeiramente, os sistemas repetitivos que variam entre certo e errado são tediosos. Em segundo lugar, os erros possuem custos elevados (Bandura, 2008). Esta colocação de Bandura pode ser um indício de que uma sequência de punições poderia desestabilizar emocionalmente o indivíduo que está sendo avaliado e, por conseqüência, os resultados dos testes poderão ser afetados.

Por fim, a teoria PASS foi adotada como base de fundamentação para este modelo pelo fato de abordar unidades cerebrais que foram definidas como essenciais para qualquer tipo de atividade mental. Okuhata e colaboradores (2007), em estudos baseados nos resultados apresentados por EEG sugerem que este tenha capturado com sucesso a atividade cerebral em três unidades funcionais distintas e que tenha, portanto, dado suporte à visão de Luria (1986) de que existem três unidades funcionais trabalhando em cooperação para uma variedade de atividades cognitivas.

2.2 Estrutura do Intelecto

A teoria da Estrutura do Intelecto desenvolvida por Guilford (1967) é uma contribuição para o campo da psicologia com ênfase nos estudos sobre a inteligência humana. Os estudos de Guilford, que muito se concentraram em testes sobre o pensamento criativo, resultaram em um modelo que descreve um conjunto de habilidades ao longo de três dimensões: Conteúdos, Produtos e Operações. Existem ainda 5 tipos de Conteúdo, mais 6 tipos de Produto e 5 tipos de Operações como pode ser visto na Figura 8.

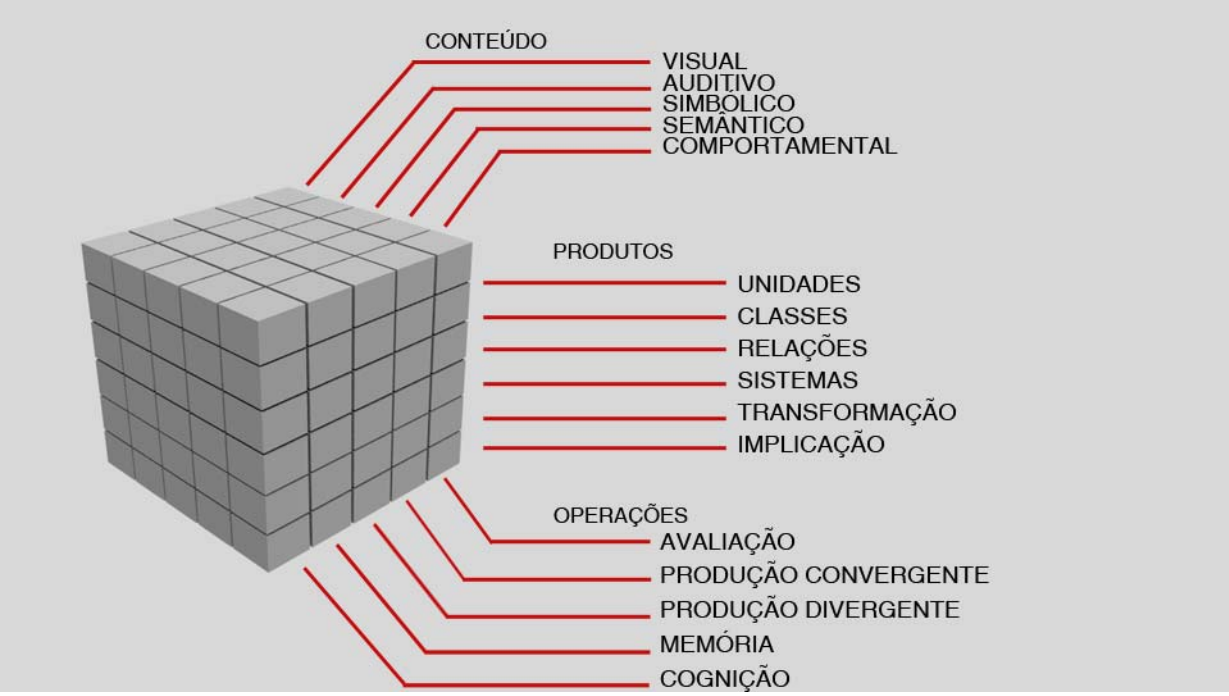


Figura 8 - Estrutura do Intelecto

Guilford procurou desenvolver testes para cada combinação das possibilidades sobre estas três dimensões. Para ele, essas combinações apontariam indivíduos com melhor desempenho em apenas algumas destas habilidades sendo mais fraco em outras (Barlow, 2000). Durante a Segunda Guerra Mundial, Guilford teve a oportunidade de desenvolver testes para selecionar candidatos para treinamento como pilotos. Tais testes utilizavam aspectos de interesse de sua pesquisa e que mais tarde deram origem a teoria da Estrutura do Intelecto (Comrey, 1993).

Analisando a Figura 8, no que diz respeito à dimensão Conteúdo, Guilford se refere ao

fato de que as pessoas pareciam prestar mais atenção e a refletir mais sobre diferentes tipos de informações relacionadas às subdimensões: Visual, Auditivo, Simbólico, Semântico e Comportamental. Em seguida, a dimensão Produtos está relacionada aos tipos de informação que um indivíduo é capaz de processar a partir do Conteúdo sendo representado por: Unidades, Classes, Relações, Sistemas, Transformações e Implicações. Estes podem ser apresentados facilmente através de problemas matemáticos.

A dimensão Operações surge com o propósito de descrever o que o cérebro faz com as informações das dimensões anteriores, que são Conteúdos e Produtos.

Para esta pesquisa a dimensão Produtos foi considerada pelo fato dos problemas apresentados no ambiente tridimensional abordarem questões referentes ao aspecto lógico matemático como implicações de ações conjuntas por exemplo. Por fim, como a engenharia aqui apresentada possui sua estrutura focada em sistemas e em aspectos de implicação relacionadas a transformações, apenas as seguintes subdimensões foram adotadas: Sistemas, Transformações e Implicações.

Com base nas definições de Guilford (1967) sobre as dimensões cerebrais, as subdimensões contempladas por este modelo podem ser descritas da seguinte forma:

- A dimensão Sistemas consiste nas relações entre mais de duas unidades dando origem a um terceiro produto mais complexo.
- A dimensão Transformações consiste na capacidade de entender mudanças nas informações, tais como rotação de imagens, ou mesmo de compreender piadas e trocadilhos na área semântica.
- A dimensão Implicações refere-se à expectativa, por exemplo, dado um determinado conjunto de dados pode-se esperar como resultado um novo conjunto como conseqüência do produto dos dados iniciais.

É possível notar a conexão existente entre os estudos de Luria (1986) sobre as unidades funcionais necessárias para qualquer atividade cerebral, com os estudos de Das e colaboradores sobre a teoria PASS (1994) e, agora, com a Estrutura do Intelecto de Guilford, que se apresenta como uma estrutura que afirma que inteligência não é um fator monolítico, mas sim um campo composto por diferentes habilidades. Desta forma, estas três áreas de estudo acabam se

complementando dentro da neurociência cognitiva de modo que podem ser perfeitamente trabalhadas em conjunto, uma vez que tais autores não refutam as teorias uns dos outros.

2.3 Níveis Semióticos

A Semiose é uma ciência detalhista que estuda a complexidade existente nos signos e suas representações através de manifestações visuais e auditivas (Santaella, 2010). As imagens de modo geral, desde as artes rupestres do período pré-histórico, possuem a propriedade de armazenar em si características referentes às manifestações artísticas, culturais e até mesmo do estado de espírito do indivíduo. Estas manifestações artísticas evidenciam cargas emotivas seguidas pela descrição sobre como era percebido o ambiente, bem como o comportamento da sociedade local. Segundo Santaella, estas manifestações de imagens também são compreendidas como representações mentais externadas em forma de arte (Santaella, 2010).

Os estudos de Charles S. Peirce (1999) apresentam definições importantes para melhor compreensão sobre a ciência da semiótica. Primeiramente, Peirce define semiótica como uma "doutrina formal dos signos" ou doutrina formal dos representamens (Peirce, 1999). A partir da perspectiva etimológica, a semiótica pode ser compreendida como a arte dos sinais que estuda os signos e seus sistemas de significado englobando aspectos culturais.

A Ciência da semiótica possui três ramos importantes, que são:

- Gramática especulativa, cuja tarefa é *"determinar o que deve ser verdadeiro quanto ao representamen utilizado por toda inteligência científica a fim de que possam incorporar um significado qualquer."* (Peirce, 1999). Ainda segundo Peirce, a inteligência científica pode ser entendida como a ciência que é capaz de aprender pela experiência.
- Lógica, que vem a ser a *"ciência do que é quase necessariamente verdadeiro em relação aos representamens de toda inteligência científica a fim de que possam aplicar-se a qualquer objeto, isto é, a fim de que possam ser verdadeiros."* (Peirce, 1999), ou seja, é a lógica propriamente dita.
- Retórica pura, cujo objetivo é *"determinar as leis pelas quais, em toda inteligência científica, um signo dá origem a outro signo e, especialmente, um pensamento acarreta outro."* (Peirce, 1999).

Os três ramos da Ciência da Semiótica apresentados por Peirce descrevem aspectos que

recaem sobre o conceito de Signo que, segundo Peirce, é um termo usado para denotar um objeto perceptível imaginável ou até mesmo inimaginável (Peirce, 1999). Um Signo sempre representará algo para alguém e este algo denomina-se Objeto do Signo (Peirce, 1999). Deste modo, tem-se a Figura 9 que ilustra um conjunto de ícones (signos) que representam um objeto e que transmitem um significado particular.

Figura 9 - Representação de signos

Seguindo as reflexões de Santaella, nota-se a presença de dois ambientes que dividem o mundo das imagens, o campo das imagens como representações visuais e o campo das imagens imateriais na mente humana (Santaella, 2010), sendo assim, estão contidos nas representações visuais os "Desenhos, pinturas, gravuras, fotografias e as imagens cinematográficas, televisivas, holo e inográficas pertencem a esse domínio. Imagens, nesse sentido, são objetos materiais, signos que representam o nosso meio ambiente visual." (Santaella, 2008, p.15).

No âmbito do imaterial das imagens na mente humana, Santaella apresenta que *"Neste domínio, imagens aparecem como visões, fantasias, imaginações, esquemas, modelos ou, em geral, como representações mentais."* (Santaella, 2008, p.15). Com isso, vê-se que a semiótica está presente em todos os momentos e se torna um agente atuante de forma direta ou indireta no comportamento humano.

Para o trabalho aqui apresentado, a semiótica assume uma posição importante devido ao fato de estar ligada às manifestações cognitivas e representações mentais como exposto por Santaella (2008). Deste modo, é importante considerá-la dentro deste modelo computacional que visa trabalhar justamente com avaliação de processos cognitivos, uma vez que tais processos podem estar ligados direta ou indiretamente com as representações mentais.

Neste modelo o imaterial das imagens na mente humana é representado por uma escala de variação semiótica que transita desde o nível mais básico ao mais elevado. A variação semiótica aqui adotada visa fazer parte do processo de classificação dos níveis das fases no jogo. Por exemplo, algumas fases possuirão características visuais mais atraentes e mais próximas de objetos do mundo real enquanto em outra fase os objetos tenderão a ser mais abstratos. De acordo com a Figura 10, nota-se no primeiro quadro a presença de uma moeda dourada no canto da sala, esta é uma representação clássica de um objeto do mundo real. Enquanto no segundo quadro, há objetos girando aleatoriamente sobre a mesa, porém, não é possível afirmar que objetos são esses. Isto ocorre exatamente pelo nível de abstração adicionado ao objeto.

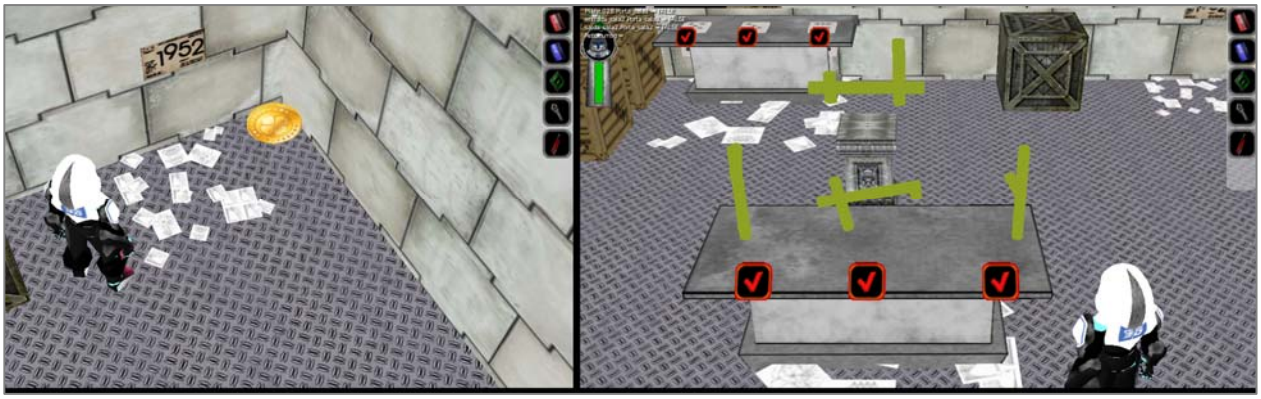


Figura 10 - Representações visuais do jogo computacional

Considerando as representações visuais como manifestações das representações mentais (Santaella, 2008), este trabalho também visa verificar se o desempenho do indivíduo sofre alterações significativas de acordo com a variação semiótica.

Para o jogo computacional que acompanha este trabalho foi realizado um recorte a fim de delimitar as variáveis que seriam trabalhadas, bem como definir quais os melhores objetos que pudessem ser explorados pelo sistema. Desta forma, por se tratar de um ambiente tridimensional lúdico, o Canal Viso-Motor foi escolhido e, de acordo com a Tabela 1, as dimensões semióticas abordadas serão: Objeto Tridimensional Icônico, Objeto Tridimensional Estilizado e Objeto Tridimensional Não Icônico.

Tabela 1 - Canal viso-motor (Marques, C. V. M. Níveis semióticos: graus de transparência iconográfica das representações. Rio de Janeiro: NCE/UFRJ, 2011. 2p.)

CANAL VISO-MOTOR		
Corpo		Fragmento de Ícone Tridimensional representado no plano em linha
Objeto tridimencional Icônico		Silhueta de Ícone Tridimensional representado no plano em uma cor
Objeto tridimencional Estilizado		Silhueta de Ícone Tridimensional representado no plano em linha
Objeto tridimencional Não-Icônico		Estilização da silhueta tridimensional representada no plano em linha
Objeto bidimencional Icônico		Geometrização de Silhueta do Ícone Tridimensional representada no plano em linha
Objeto bidimencional Estilizado		Formas Topológicas Coloridas
Objeto bidimencional Não-Icônico		Formas Topológicas em uma cor
Ícone Bidimensional várias cores		Formas Topológicas em linha
Ícone Bidimensional de uma cor		Símbolos Abstratos coloridos
Ícone Bidim. Em linha		Símbolos Abstratos em uma cor
Fragmento de Ícone Bibimensional colorido		Símbolos Abstratos em linha
Fragmento de Ícone Bibimensional de uma cor		Silhueta de Símbolos Abstratos em uma cor
Fragmento de Ícone Bibimensional em linha		Silhueta de Símbolos Abstratos em linha
Silhueta de Ícone Bidimensional de uma cor		
Geometrização de Silhueta de Ícone Bidimensional em uma cor		
Ícone Tridimensional representado no plano bidimensional de várias cores		
Ícone Tridimensional representado no plano bidimensional de uma cor		
Ícone Tridimensional representado no plano bidimensional em linha		
Fragmento de Ícone Tridimensional representado no plano de várias cores		
Fragmento de Ícone Tridimensional representado no plano de uma cor		

Dentro do engenho elaborado existem fases em que algumas imagens do cenário ou mesmo objetos, adotarão a variação semiótica, ou seja, em alguns momentos um objeto chave para solucionar o problema pode aparecer de uma forma Iônica, em outro momento, outra imagem estilizada e ou não-icônica. Esta variação poderá interferir no tempo de resposta do

jogador bem como no fato de conseguir ou não entender a questão.

2.4 Cruzamento das dimensões cognitivas

O processo de cruzamento das dimensões cognitivas tem origem em duas etapas: Primeiramente, analisando a teoria PASS, vê-se pela definição de Das e Naglieri como sendo um modelo de funcionamento dos processos cognitivos onde blocos básicos da construção da inteligência são definidos (Das e Naglieri, 1997). Além disso, como exposto também no Capítulo 2, a teoria PASS baseia-se na análise das unidades cerebrais que, segundo Luria, sem a participação de ao menos uma dessas unidades nenhuma ação cognitiva poderia ser realizada (Luria, 1986). Considerando estas observações, nota-se a existência de uma teoria básica do funcionamento dos processos cognitivos e a sua importância em estar presente em uma bateria de avaliação.

A segunda etapa foi baseada na observação sobre a Estrutura do Intelecto de Guilford (1967), que é um modelo sistemático de capacidades intelectuais específicas. Isto é, Guilford apresenta que a capacidade intelectual não é unitária, mas deve ser entendida como dimensões operacionais responsáveis por processos específicos. Sendo assim, Luria (1986) ao afirmar que qualquer processo cognitivo é obrigado a passar por pelo menos uma das unidades cerebrais definidas como planejamento e atenção e processos, indica que qualquer operação intelectual precisa considerar as unidades cerebrais. Logo, as operações intelectuais apresentadas no modelo da Estrutura do Intelecto (Guilford, 1967) possuem ligação com as unidades cerebrais identificadas por Luria (1986), pois as operações intelectuais listadas por Guilford ativam uma ou mais unidades cerebrais definidas por Luria. Deste modo, como um dos produtos criados por esta pesquisa consiste na criação de um sistema de avaliação cognitiva, foi necessário considerar as referências aqui citadas para tornar possível o desenvolvimento dos testes de avaliação cognitiva, bem como o modelo computacional.

Após uma análise sobre a Teoria PASS e a Estrutura do Intelecto de Guilford foi elaborado uma esquema de combinação entre estas teorias dando origem a um novo cubo de cruzamentos entre processos e dimensões cognitivas. Além deste cruzamento, a dimensão semiótica também foi adicionada por fazer parte da estrutura interna do indivíduo (Peirce, 1999).

O Cruzamento das dimensões cognitivas apresentado neste capítulo serve como base para

o desenvolvimento das atividades inerentes ao modelo computacional. Em seguida, também serve de fundamentação para o desenvolvimento do jogo de avaliação cognitiva. Com isso, todos os desafios contidos neste jogo são resultados direto do cruzamento das dimensões ilustradas pela Figura 11.

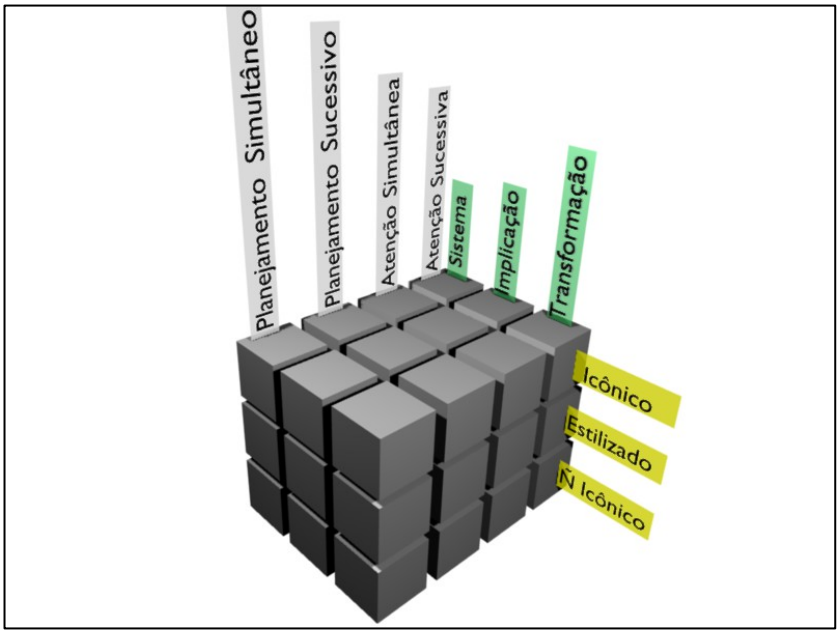


Figura 11- Cruzamento das dimensões cognitivas

De acordo com o cruzamento das dimensões apresentado, vê-se que este cubo realiza um recorte na dimensão referente a *Produto* de Guilford (1967), focando-se apenas sobre as dimensões Sistema, Implicação e Transformação.

Analisando mais enfaticamente este cubo, observa-se que cada voxel representa a junção de três aspectos distintos. Por exemplo, na primeira camada na horizontal, a leitura correta é Planejamento – Sistema – Icônico. Esta leitura significa que dentro do jogo de avaliação deverá existir uma fase que contenha um conjunto de características que exija do jogador a habilidade de Planejar suas ações, analisar o problema que está sendo apresentado como um Sistema e que as peças deste problema fazem parte do grupo das imagens icônicas de acordo com a tabela de níveis semióticos.

Este cubo com o cruzamento das funções cognitivas possibilita a criação de inúmeros

jogos que repitam as dimensões cognitivas apresentadas, porém com variações na complexidade dos níveis semióticos.

De acordo com O'Reilly e Munakata a estrutura unificada que um modelo computacional fornece é capaz de realizar "um teste mais rigoroso de uma teoria, que incentiva a parcimônia e também permite que se relacionem dois fenômenos aparentemente díspares por entendê-las à luz de um conjunto comum de princípios básicos." (O'Reilly e Munakata, 2000, p.12), ou seja, o modelo computacional aqui apresentado possibilitou o relacionamento entre as teorias PASS e a Estrutura do Intelecto além de adicionar as dimensões semióticas. Deste modo, torna-se exposta a relevância deste processo de cruzamento das dimensões cognitivas que possui como resultado a criação de um modelo computacional com base em teorias cognitivas. É válido ressaltar também que todas as fases do sistema de avaliação foram criadas a partir deste cruzamento das funções cognitivas, sendo assim, as novas dimensões apresentadas pelo cruzamento são levadas em consideração pelos crivos e pelos algoritmos dentro do modelo.

CAPÍTULO 3 – Modelo computacional evolutivo, adaptativo e preditivo

"O homem ainda traz em sua estrutura física a marca indelével
de sua origem primitiva."
Charles Darwin

Neste capítulo é apresentada uma breve introdução sobre os conceitos evolução, adaptação e predição, bem como a relação entre estes aspectos dentro do modelo computacional.

Em um segundo momento é apresentada a estrutura do modelo computacional, o qual esta pesquisa se propôs a desenvolver a fim de que possa servir como ferramenta de auxílio no processo de desenvolvimento de testes cognitivos com características evolutiva e adaptativa. Em seguida, são abordados aspectos lógicos importantes que norteiam a construção de um sistema de avaliação cognitiva com uso de algoritmos específicos para torná-lo adaptado ao estilo de desenvolvimento do indivíduo.

3.1 Introdução aos processos evolutivo, adaptativo e preditivo

A Computação Evolucionária é uma área de pesquisa da Ciência da Computação que se baseia na evolução natural. Todo o processo evolutivo natural funciona considerando aspectos adaptativos como estratégia de sobrevivência (Eiben & Smith, 2001). Na computação evolutiva, os algoritmos genéticos desempenham o papel de simular os processos naturais de reprodução de populações e de sobrevivência.

A Figura 12 ilustra um processo básico de funcionamento de um algoritmo genético.

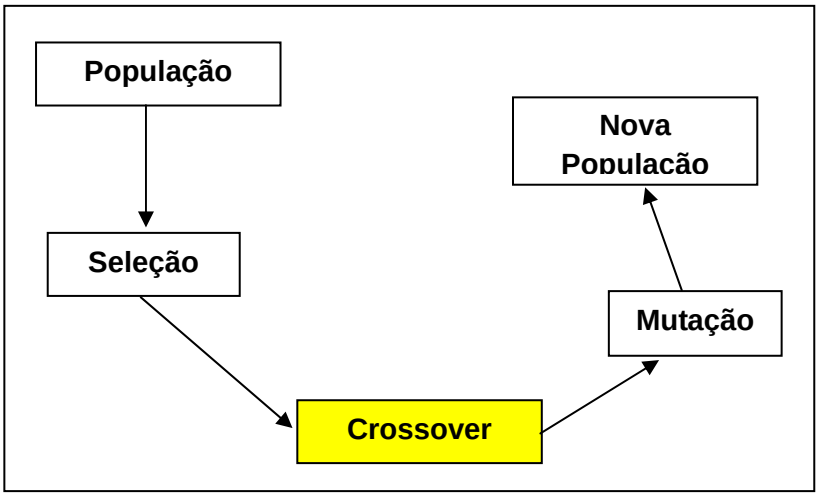


Figura 12 - Sistema básico de algoritmo genético

O processo evolutivo desta pesquisa se manifesta com a finalidade de permitir que o modelo computacional seja capaz de se adaptar ao estilo de desenvolvimento do jogador. Segundo Piaget (1986), o processo de adaptação ocorre quando há troca entre o indivíduo e o meio de modo que ambos passem por modificações. Esta colocação de Piaget se ajusta ao perfil adaptativo deste modelo, pois, de acordo com a resolução dos desafios, o modelo prevê estratégias para se renovar em função do indivíduo.

Para esta fase da pesquisa o processo preditivo foi abordado pelo modelo computacional, mas uma delimitação foi traçada de modo que a predição não foi aplicada ao jogo de avaliação cognitiva, porém será aplicada nos trabalhos futuros.

O aspecto de predição está intimamente ligado a um algoritmo probabilístico, deste modo, é válido apresentar algumas definições sobre as cadeias de Markov antes de prosseguir. Deste

modo, a Cadeia de Markov é um processo estocástico que pode conter estados ou parâmetros discretos ou contínuos. Devido ao fato da Cadeia de Markov não armazenar estados anteriores torna-se possível lançar mão das características do estado atual do sistema e, em seguida, determinar o tempo de transição e a probabilidade de transição para outro estado. Com isso, pode-se afirmar que, dado o estado atual, a sequência de estados pela qual o sistema passou é irrelevante.

Partindo deste princípio matemático, vê-se a fórmula de representação probabilística de estar no estado *i* no instante $(t+\Delta t)$ sabendo os estados em que estava nos instantes anteriores.

$$P(x(t+\Delta t)=i \mid x(t)=j, x(t-\Delta t)= h) = P(x(t+\Delta t)= i \mid x(t) = j)$$

Esta fórmula ilustra a falta de memória do modelo ao demonstrar que o estado no qual o sistema se encontrava no instante $(t-\Delta t)$ não importa. Ou seja, apenas o estado atual é relevante para calcular a probabilidade de transição e não os anteriores.

Considerando o modelo computacional apresentado por esta pesquisa, tem-se o aspecto preditivo como uma ação extra cujo propósito é tentar prever o próximo estado em que o jogador provavelmente se encontrará.

3.2 Modelo Computacional

A partir do ponto de vista da neurociência cognitiva computacional os modelos computacionais possuem qualidades importantes que resultam em um ganho científico para a neurociência em geral (O'Reilly e Munakata, 2000). Algumas das principais vantagens de se usar um modelo computacional são que: Os modelos nos ajudam a entender os fenômenos, sendo assim, novas fontes de conhecimento sobre o comportamento podem ser proporcionadas. Os modelos também podem ser modificados e, em seguida, testados a fim de fornecer informações sobre o comportamento se uma determinada situação de fato ocorresse. Os modelos também são excelentes para lidar com a complexidade de maneira que os argumentos verbais não seriam capazes. Em seguida, os modelos computacionais são representações explícitas, sendo assim, os pressupostos e o modo como os processos de fato funcionam se tornam mais nítidos. Além disso, os modelos também permitem o controle sobre uma quantidade maior de variáveis de maneira

muito mais precisa do que em um sistema real, além de ser possível a replicação com precisão. Por fim, os modelos computacionais oferecem uma estrutura unificada, ou seja, permitem que fenômenos ou conceitos díspares possam se relacionar a partir da compreensão obtida à luz de um conjunto de conceitos e princípios em comum. (O'Reilly e Munakata, 2000). Trappenberg também acrescenta que um modelo é um sistema para testar aspectos específicos e hipótese (Trappenberg, 2010). Partindo destas colocações, percebe-se a importância da existência de um modelo computacional para administração de baterias de testes cognitivos e como metodologia para testar uma hipótese.

As características de evolução, adaptação e predição é uma tentativa deste modelo computacional de se ajustar à assinatura cognitiva do indivíduo a fim de registrá-la. Entende-se por assinatura cognitiva como o estilo de desenvolvimento cognitivo do aluno durante a resolução de atividades. Desta forma, a assinatura cognitiva de um aluno será o conjunto de pontuações registradas durante a seqüência de passos dados para solucionar um determinado problema.

Em um segundo momento, é importante observar a colocação de Piaget em relação à inteligência quando ele afirma que esta não é um processo estático (Piaget, 1986), isto é, existe internamente um processo evolutivo intelectual que serve de base para o desenvolvimento cognitivo de uma pessoa. Sendo assim, o aspecto evolutivo desse modelo foi inserido a partir de dois momentos de observação. Em um primeiro momento, ao considerar que os processos cognitivos não são estáticos, segundo Piaget (1986) e segundo as definições apresentadas na teoria PASS (Das e Naglieri, 1997) e na Estrutura do Intelecto (Guilford, 1967). Deste modo, observou-se que: se os processos cognitivos são evolutivos por natureza, então o modelo computacional que visa avaliá-los também precisa ser evolutivo para que seja capaz de acompanhar os inúmeros avanços e retrocessos que por ventura possam ocorrer.

O aspecto preditivo neste modelo surge como alternativa de verificação e controle sobre a evolução do indivíduo avaliado. Isto é, durante o processo de realização das atividades, o aluno receberá uma pontuação referente ao seu desempenho de acordo com a fase em que estiver jogando. Em seguida, este resultado será submetido à aplicação de algoritmo probabilístico baseado nas Cadeias de Markov (Ferrari e Galves, 1997). Considerando que a Cadeia de Markov é um processo estocástico, ou seja, um processo que evolui no tempo de maneira probabilística, esta aplicação visa tentar prever o próximo estado da assinatura cognitiva na próxima fase fim de

medir a intensidade da evolução. Este aspecto será mais aprofundado no decorrer deste capítulo.

A Figura 13 expõe de maneira geral a lógica implementada no modelo computacional. É modelo em uma versão simplificada que serviu de organização visual para os próximos passos.

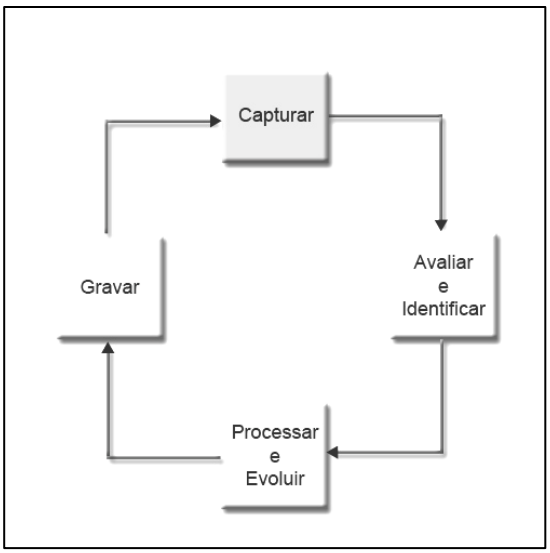


Figura 13 - Estrutura básica inicial

A sequência lógica apresentada pela Figura 13 descreve exatamente um ciclo. Este ciclo é o que mantém a renovação do sistema de modo que permaneça funcionando. Pois, uma vez capturados os resultados da primeira avaliação do indivíduo, todo o processo de inteligência artificial se encarregará de gerir as regras de evolução/involução, adaptação e predição.

Dada a visão superficial e reduzida do modelo computacional, segue abaixo na Figura 14 a estrutura completo do modelo evolutivo.

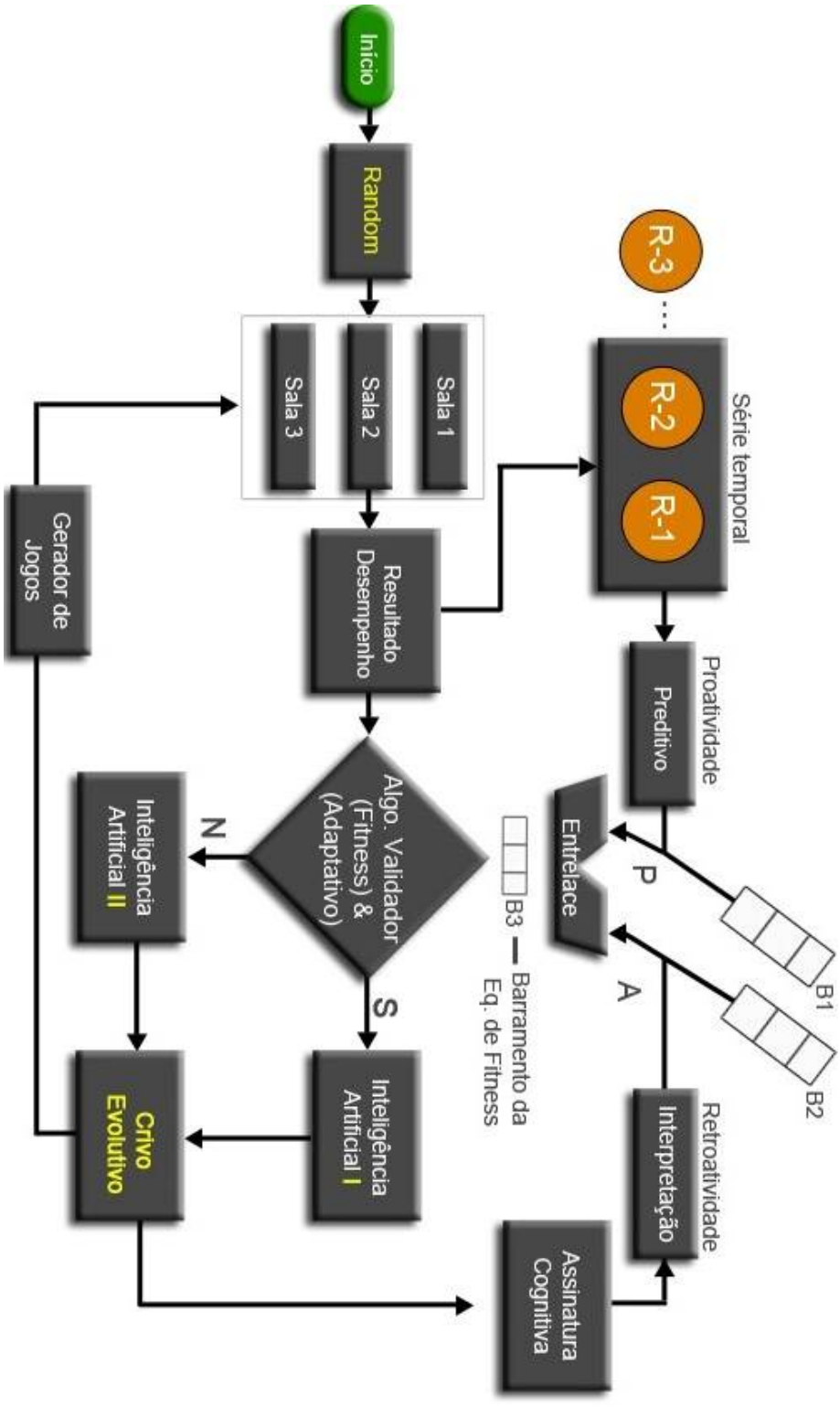


Figura 14 - Estrutura do modelo computacional

Ao analisar a estrutura do modelo computacional, observa-se a presença de um sistema randômico que é iniciado com o objetivo de selecionar as três primeiras salas que irão compor a primeira fase do jogo. Em seguida, o aluno é submetido a um processo de avaliação formado por três estágios identificados como Sala 1, Sala 2 e Sala 3. Estas salas são compostas por uma bateria de sub-jogos desenvolvidos à luz da teoria PASS, apresentada no Capítulo 2. Estes desafios visam avaliar os processos cognitivos ligados ao planejamento, atenção e aos processos simultâneo e sucessivo.

Ainda no estágio de análise sobre as Salas, é importante ressaltar que existe em segundo plano um sistema de pontuação específico que são os crivos matemáticos com suas tabelas de mensuração de grau de atitude. Estes crivos estão focados nos processos das operações cognitivas e organizados de acordo com a Tabela 2. O crivo será explorado no Capítulo 3.3.

Tabela 2 - Organização dos processos avaliados

		PROCESSOS			
OPERAÇÕES		Planejamento Simultâneo	Planejamento Sucessivo	Atenção Simultânea	Atenção Sucessiva
	Sistema	S + P.Si	S + P.Su	S + A.Si	S + A.Su
	Transformação	T + P.Si	T + P.Su	T + A. Si	T + A. Su
	Implicação	I + P.Si	I + P.Su	I + A.Si	I + A.Su

A Tabela 2 expõe uma projeção onde as colunas, que representadas pelas dimensões da teoria PASS, se cruzam com as operações da Estrutura do Intelecto de Guilford, representadas pelas linhas. Deste modo, tem-se na coluna 2 e linha 2 o encontro entre Sistema e Planejamento Sucessivo (S+P.Su.). Isso significa que neste quadrante o desafio existente possuirá uma estrutura Sistêmica e explorará o processo Planejamento Sucessivo.

Ainda de acordo com a Tabela 2, percebe-se que ela se apresenta como uma matriz de estrutura 3x4. Esta representação indica que, necessariamente, cada sala de jogos deve possuir doze sub-jogos a fim de que todas as dimensões sejam contempladas. Cada um desses sub-jogos possui um crivo que é responsável pela medição da qualidade da resposta e pela atribuição do ponto obtido. Após a resolução dos doze desafios uma tabela geral de pontuação deverá ser

gerada pelo sistema como resultado de desempenho referente à última fase jogada. Esta tabela de pontos contém variáveis específicas que fazem referência não apenas ao crivo, mas também ao sistema de variáveis auxiliares que visam fornecer mais dados que possam facilitar a identificação do comportamento do jogador no ambiente virtual.

Prosseguindo com a observação da estrutura do modelo computacional, o próximo passo é a participação de uma máquina de estado funcionando como um dispositivo de armazenamento temporário. Este processo definido como série temporal, é responsável por armazenar o resultado do desempenho do jogador naquele exato momento. Em seguida, este resultado será submetido a um processo probabilístico que faz uso de um algoritmo específico que realizará os cálculos a fim de tentar prever o próximo estágio em que a assinatura cognitiva do jogador deverá se encontrar. Para este processo de tentativa de predição a variável que se destaca para servir de valor a ser observado é o Planejamento. Com base nas descrições sobre planejamento da teoria PASS (Das e Naglieri, 1997), esta variável é a que melhor se encaixa no desafio de criar uma máquina preditiva quando comparada às demais. Pois, segundo o manual do CAS, o planejamento é um processo mental que faz com que o indivíduo seja capaz de determinar, selecionar e se projetar para uma possível solução enquanto paralelamente realiza um processo de auto avaliação (Das e Naglieri, 1997). Desta forma, todo este processo de antecipação lógica será registrado a fim de que estes dados sejam revisados ao término das fases. Em sequência, duas verificações ocorrerão: a primeira será para avaliar se de fato ocorreu alguma evolução por parte do indivíduo e a segunda, visa avaliar se o grau de proximidade da máquina preditiva foi satisfatório.

O Desempenho do jogador também seguirá em direção ao Algoritmo Validador (*Fitness*), como visto no modelo. Este algoritmo visa verificar se a média dos resultados obtidos pelo jogador estão dentro da margem aceitável pelo Fitness. O Fitness é um termo adotado pela computação evolucionária que se refere a um valor que pode ou não ser predeterminado, e que servirá como métrica a fim de permitir a escolha entre os melhores candidatos a compor a próxima geração respeitando os critérios do Algoritmo Genético (Bodenhofer, 2002). Neste momento o modelo computacional começa a fazer uso de aspectos da computação evolutiva para tornar o sistema adaptado ao desempenho do indivíduo.

Considerando então que a pontuação obtida pelo aluno esteja de acordo com os critérios de validação, ou seja, dentro da margem aceitável pelo Fitness, um segundo algoritmo se

encarregará de executar algumas rotinas específicas. Sendo assim, o Algoritmo de Inteligência Artificial I será chamado caso o resultado do jogador seja validado pelo Fitness, com isso, um dos aspectos deste algoritmo é importante ser salientado. Por exemplo, uma das rotinas contidas neste algoritmo verificará se o jogador gabaritou as atividades. Se sim, então uma nova estratégia será adotada a fim de alterar o nível de complexidade do jogo como demonstrado na notação abaixo:

$$\mathbf{N = N+1}$$

onde $(0<N<4)$

N = Nível de complexidade

Deste modo, a variação do nível de dificuldade começa a ocorrer a partir do momento em que o jogador resolve todos os desafios sem demonstrar qualquer problema. Caso isso ocorra, o nível será elevado imediatamente até que o indivíduo demore algum tempo para responder às questões. Pois, para o sistema, este tempo é muito importante porque facilita o processo de observação sobre as ações e, consequentemente, sobre as possíveis dúvidas ao analisar os erros cometidos. Sendo assim, pode-se adiantar que a estratégia adotada por este modelo para facilitar a tarefa de avaliação dos processos cognitivos é o aumento da complexidade. Quando o desafio exige que o jogador pare e reflita sobre o que deve ser feito, é exatamente quando o processo de observação e avaliação tem início. Neste momento, em que o indivíduo começa a busca pela resposta através de tentativas e erros e de uma frenética pesquisa pelo cenário, valores matemáticos começam a ser atribuídos às decisões tomadas de acordo com o crivo do desafio. Sendo assim, se o avaliado for capaz de responder todas as questões em um intervalo de tempo muito reduzido e sem cometer erros, dificilmente as variáveis auxiliares poderão contribuir para a avaliação e observação do comportamento deste jogador. Pois não seria possível comprovar se houve ou não algum planejamento ou até mesmo se existiu evolução. Por isso, o aumento da complexidade se faz necessária para a sobrevivência do modelo.

O nível de dificuldade das fases é manipulado diretamente pela variação da complexidade semiótica. Para melhor compreender a estratégia de variação segue a Figura 15 abaixo:

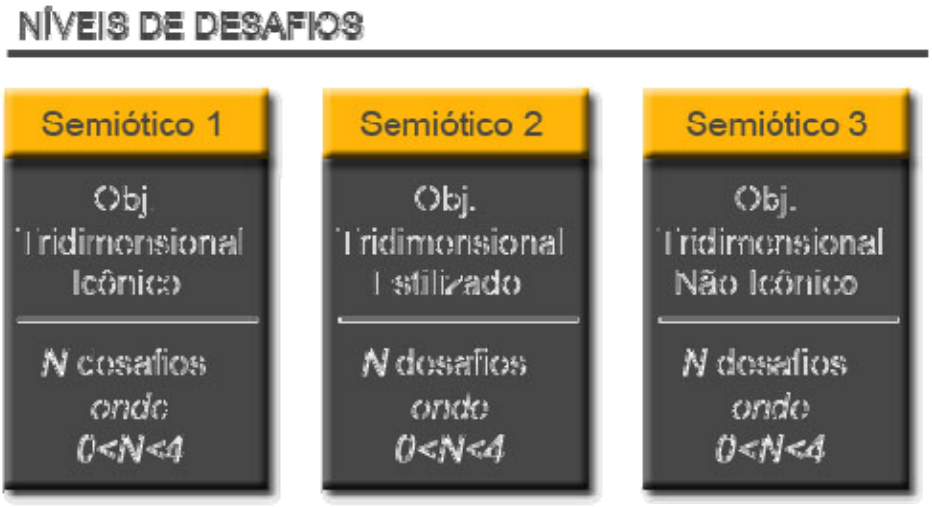


Figura 15 - Níveis de desafios

De acordo com a tabela de Níveis semióticos (Marques, 2011), apresentada no Capítulo 2.3, o modelo proposto por esta pesquisa adotou os aspectos referentes ao canal viso-motor focado em objetos tridimensionais icônicos, estilizados e não icônicos. Esta variação semiótica parte do nível mais simples e concreto ao mais complexo e abstrato no campo das imagens. Sendo assim, o nível de complexidade inicial refere-se ao nível semiótico objeto tridimensional icônico, onde N=1, seguido por objeto tridimensional estilizado com N=2 e concluindo com Objeto tridimensional não icônico com N=3.

A variação de N também implica a alteração de aspectos visuais referentes ao cenário e não apenas aos objetos. Com isso, torna-se possível apresentar um mesmo desafio com um nível altíssimo de abstração semiótica de modo que a fase se torne altamente complexa.

Uma observação importante é que para cada valor possível de *N* há um conjunto mínimo de seis jogos prontos. Ou seja, há seis salas com doze desafios dentro de N=1, mais seis salas dentro de N=2 e mais seis salas dentro de N=3. Esta observação inicial em relação ao número de salas para cada nível não é obrigatória, no entanto, quanto maior o número de atividades maior será a quantidade de dados referentes aos processos cognitivos observáveis. A outra razão para se tomar cuidado com o número de atividades fornecidas se dá pelo fato do algoritmo genético ser responsável por selecionar os melhores jogos candidatos para as próximas fases, logo, é importante que hajam testes disponíveis e organizados pelo grau de dificuldade para que o algoritmo seja capaz de executar as seleções com êxito. A estrutura do algoritmo genético faz uso do número do número das fases e sua complexidade como população inicial. Em seguida, o

cruzamento dos níveis para indicar a melhor fase futura, se dá com base no melhor resultado obtido pelo jogador na fase anterior.

Retornando às observações sobre o modelo computacional, analisando o Algoritmo de Inteligência Artificial I existe uma rotina importante que é a se o jogador não tiver gabaritado a fase, mas que mesmo assim esteja dentro da margem aceitável do fitness. Caso isso ocorra, então a combinação deverá ser feita considerando todos os três níveis de complexidade até que o jogador venha a falhar.

A última rotina a ser ressaltada é quando o grau de intensidade da resposta de uma das salas for superior às outras duas. Se isso ocorrer, então a combinação deverá adotar uma ressalva que é considerar apenas como desafios candidatos aqueles em que o indivíduo obteve os melhores resultados. Este processo poderá ser repetido por até três vezes. Se até a terceira vez o indivíduo não demonstrar melhoria, o sistema reduzirá o nível da complexidade das atividades até que o participante se recomponha. Para melhor visualizar esta estratégia, observe a Figura 16 e Figura 17 a seguir:

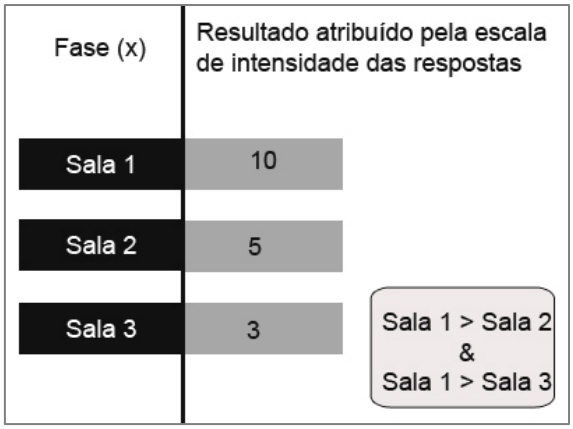


Figura 16 - Resultado das salas

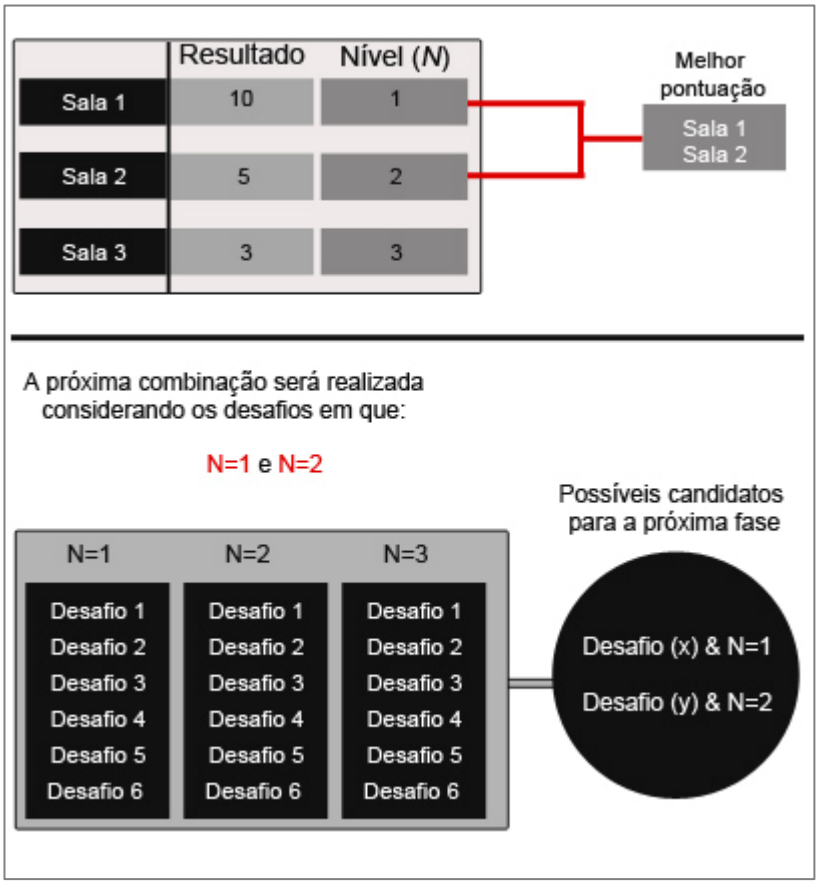


Figura 17 - Combinação de candidatos de acordo com a pontuação

O fato da realização das combinações futuras considerarem os dois desafios em que o jogador obteve maior pontuação demonstra que o sistema possui interesse em valorizar as zonas de força do aluno. Este interesse na valorização do conhecimento existente é reforçado pela observação feita por Bandura (2008) ao mencionar que os sistemas de avaliação baseados em certo e errado são tediosos e que o perigo existente neste processo se encontra no fato do erro gerar uma punição potencialmente traumática. Desta forma, ao invés de confrontar diretamente o aluno com questões cada vez mais complexas, a filosofia por trás deste modelo computacional busca alcançar as zonas de fraqueza através da zona de força do aluno de modo a encorajá-lo a prosseguir. Com isso, este modelo visa proporcionar um ambiente que se adapte à velocidade de aprendizagem do aluno a fim de promover um esquema de avaliação personalizado. Esta avaliação personalizada só é possível por causa dos aspectos adaptativos e evolutivos presentes.

Prosseguindo com as observações sobre a estrutura do modelo computacional encontra-se

o algoritmo de Inteligência Artificial II. Pela sequência lógica, este algoritmo é evocado quando o grau de intensidade da resposta do jogador se encontra abaixo da margem aceitável pelo Fitness. Sendo assim, outras estratégias precisam ser adotadas. Neste caso, as etapas da rotina lógica funcionarão da seguinte forma: Identificar os dois melhores resultados do jogador e capturar os seus níveis de complexidade. Esses valores serão considerados futuramente pelo algoritmo responsável pelo processo de mutação. Em seguida, aplicar a estratégia de combinação em cima apenas dos níveis candidatos em que o jogador obteve melhor desempenho. Este processo será repetido por três vezes, na quarta vez a combinação deverá elevar um nível a fim de manter a complexidade relativamente equilibrada. Observe Figura 18 com valores hipotéticos a seguir.

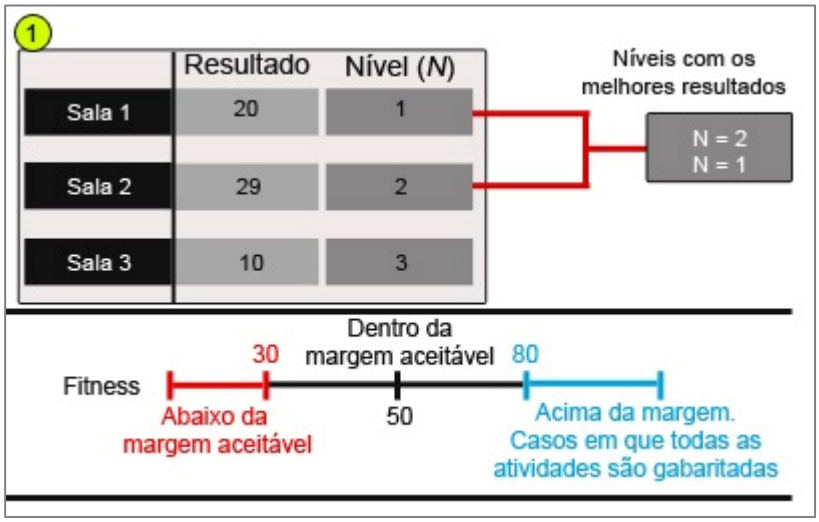


Figura 18 - Margem aceitável do fitness

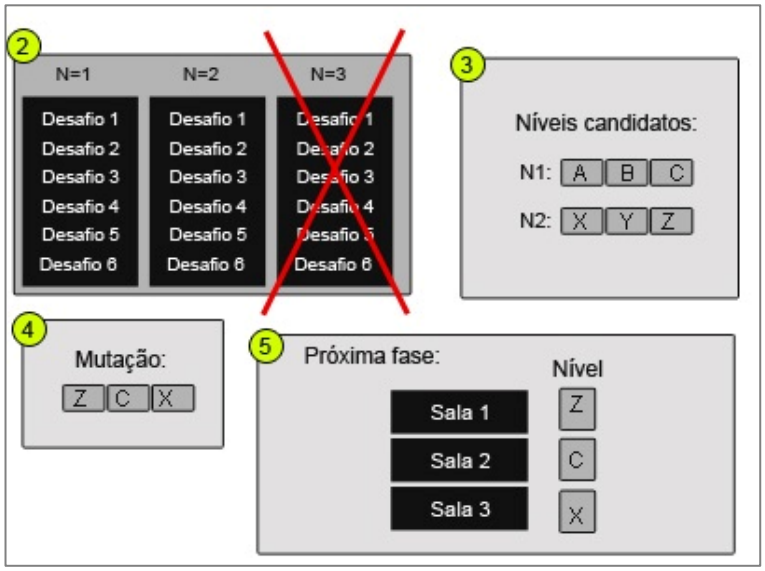


Figura 19 - Mutação para próxima fase

De acordo com o quadro 5 da Figura 19 observa-se que o processo de mutação simples foi realizado considerando os desafios de níveis (N=1) e (N=2). Assim, a nova geração de jogos escolhida resultou na variação entre desafios de Nível 1 e Nível 2.

As Inteligências Artificiais I e II resultarão nos aspectos essenciais para a criação do Crivo Evolutivo. Após todo processo de criação de critérios para orientar a próxima fase o sistema possuirá dados referentes ao modo como o jogador se comporta dentro do ambiente tridimensional e estas informações serão utilizadas para a construção desta nova tabela de crivo. Este crivo é evolutivo porque é criado a partir dos avanços periódicos do jogador, logo, a cada nova fase este crivo sofre atualizações em sua estrutura acompanhando o processo evolutivo do usuário. Sendo assim, quando o participante jogar pela primeira vez o crivo a ser usado será o que foi criado com base nas fases escolhidas pela máquina de randomização no início do jogo. No entanto, quando o jogador avançar para a próxima fase os resultados deste novo nível alimentarão a tabela do novo crivo, e este novo crivo será usado na fase seguinte e assim por diante.

Acompanhando ainda a imagem do modelo e baseando-se nos dados fornecidos pelo crivo evolutivo, surge o processo de **Gerador de Jogos** que vai gerar o novo conjunto de salas. Em paralelo, a partir do crivo evolutivo também saem os dados para o processo da Assinatura Cognitiva, que representa um conjunto de dados referentes à forma como o individuo se desenvolve dentro do jogo e reage diante dos desafios. Em seguida, a Assinatura Cognitiva será submetida ao processo de Interpretação. Esta fase visa traduzir os dados existentes na Assinatura Cognitiva para informações mais claras sobre o desempenho do indivíduo.

O Processo Interpretação e o processo Preditivo entram no multiplexor nomeado como Entrelace. Ambos criam um Algoritmo validador adaptativo. Ou seja, o Validador inicial que antes apenas verificava o fitness agora evolui junto com o aluno, sendo assim, a partir deste estágio novos parâmetros e rotinas são adotados.

O Algoritmo validador adaptativo requer duas entradas que são referentes ao que o indivíduo era ao iniciar o jogo, que é a Interpretação da Assinatura Cognitiva, e o que o indivíduo será no futuro, representado pelo processo Preditivo. Considerando os valores da Série temporal, Figura 20, o processo preditivo faz uso de um algoritmo probabilístico baseado no processo estocástico das Cadeias de Markov. Segundo a teoria das Cadeias de Markov, os dados atuais são o suficiente para o algoritmo ser capaz de projetar o estado futuro. Deste modo, considerando a

entrada do estado atual do jogador, o algoritmo retornará a descrição em forma de dados do próximo estado do jogador.

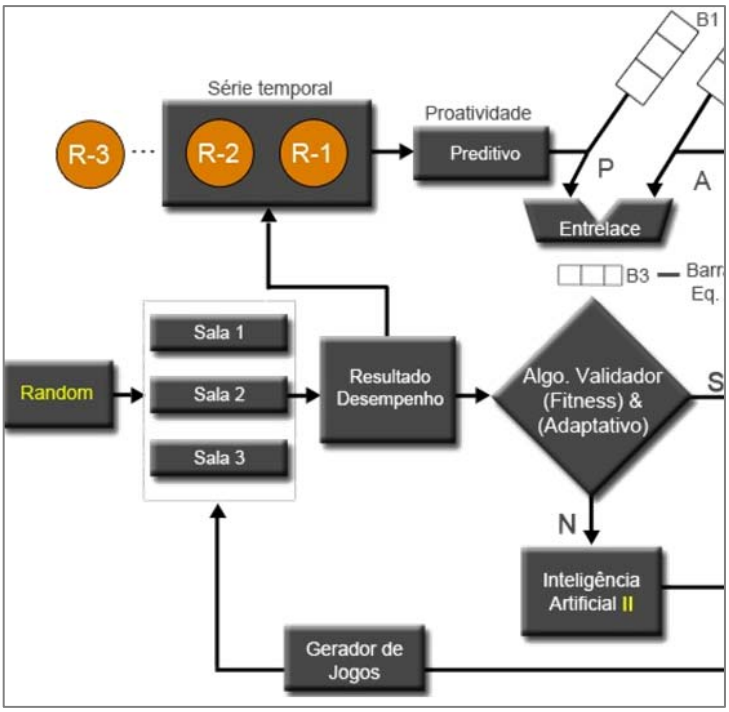


Figura 20 - Série Temporal

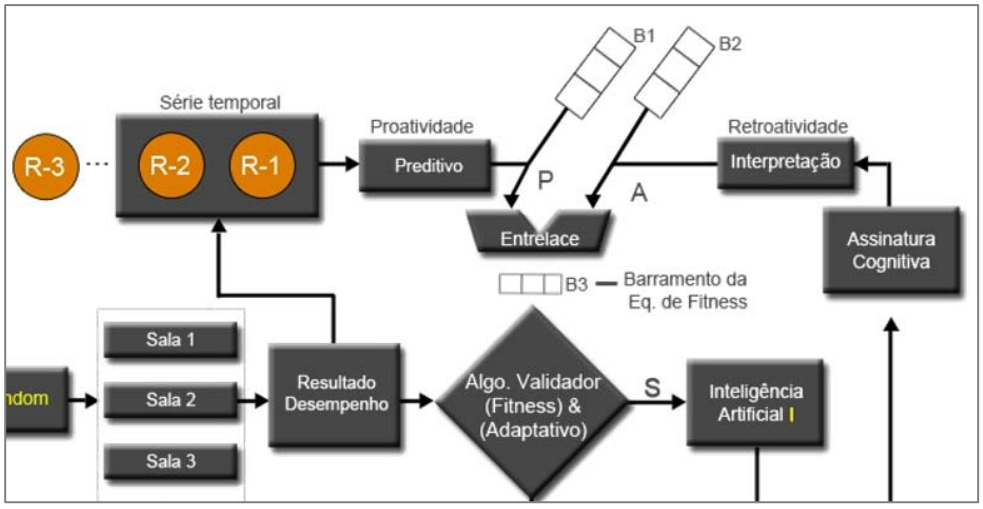


Figura 21 - Entrelace

Observando a Figura 21, o multiplexor, nomeado no modelo como Entrelace, está funcionando exatamente como entrelaçador entre os barramentos B1 e B2, Proatividade e Retroatividade respectivamente. Estes barramentos estão preenchidos com valores numéricos

representando os resultados do processo Preditivo e da Interpretação da Assinatura Cognitiva. Como resultado do entrelaçamento entre B1 e B2 surge o B3, um barramento que conterá os novos parâmetros responsáveis pelos novos critérios da equação de Fitness.

Os aspectos relacionados ao Planejamento serão os parâmetros considerados para a avaliação do futuro. Em relação aos parâmetros usados para avaliar o passado, a variável de Atenção estará sendo considerada. Sendo assim, ao entrar com os dados obtidos em Planejamento e Atenção nos barramentos B1 e B2 respectivamente, o cruzamento desses valores servirão para regular o Fitness. Este processo de regular o fitness significa que a margem de aceitação do fitness irá variar de acordo com os novos parâmetros. Assim sendo, este modelo tenderá a se tornar adaptativo por considerar as assinaturas cognitivas do passado e as do futuro, segundo a previsão probabilística.

No que diz respeito ao processo Preditivo a partir do ponto de vista mais conceitual, temos as duas entradas no multiplexor na Figura 21 nomeados como Proatividade e Retroatividade. Os crivos por trás destes aspectos fazem referência ao passado e ao futuro. Ou seja, embasando o aspecto Retroatividade existe um crivo diagnóstico. Este nome foi atribuído pelo fato deste ser responsável por armazenar o histórico do jogador no que diz respeito ao desempenho. Enquanto o aspecto referente à Proatividade está ligada ao prognóstico, por se tratar do processo de predição do histórico futuro. Então, o Entrelace receberá dados dos aspectos Preditivo e Retroativo indicando que a próxima fase que o jogador deveria jogar seja X. No entanto, podem haver divergências nessa escolha. O aspecto preditivo pode indicar que o jogador deveria passar para uma atividade X e o Retroativo indicar que o jogador deveria jogar a atividade Y. Deste modo, a solução para este impasse é um sorteio simples entre as escolhas. Em seguida, surge um sistema autônomo por trás que avaliará o resultado deste sorteio e criará um vetor de probabilidade. Ou seja, o objetivo é identificar se o jogador está se saindo melhor com os jogos propostos pelo Preditivo ou pelo Retroativo. Então, com base nesses resultados, este sistema autônomo que funciona por trás, realimentará o vetor com informação sobre qual é o melhor jogo para o jogador.

Além do embasamento teórico proveniente da neurociência cognitiva e da computação evolucionária, este modelo possui um esquema matemático de extrema importância para a realização do processo de cálculo da mensuração de desempenho do jogador, considerando também, a mensuração do grau de intensidade de suas ações. Para tanto, a criação de um

esquema denominado crivo lógico matemático torna-se um fator diferencial em termos de refinamento da informação.

3.3 Crivo matemático com escala de mensuração de atitudes

Nesta seção é apresentado o sistema de pontuação utilizado por este modelo computacional, bem como o fator que o difere de um sistema comum de avaliação cujas condições variam entre certo e errado. Em seguida, serão apresentados os modelos para a criação de um crivo com escala de mensuração de atitude devidamente preenchido com os pesos matemáticos.

Considere por um instante um jogo de corrida virtual onde o objetivo seja completar cinco voltas para finalizar a rodada. Além de você, só existe mais um competidor na pista. A condição única para vencer esta corrida é estar na posição 1 ao cruzar a linha de chegada na volta de número cinco. Analisando este cenário, que é bastante comum em jogos computadorizados, percebe-se uma condição bastante simples e que ao final, um dos possíveis resultados da corrida será *vencedor* ou *perdedor*. Baseado neste cenário hipotético é válido realizar algumas reflexões sobre este processo decisório em relação ao desempenho do jogador. Primeiramente, independente das 4 primeiras voltas realizadas, apenas a última volta será considerada de fato. Logo, se o jogador tiver feito uma excelente corrida com curvas precisas e firmeza na direção, mas no último instante se desconcentrar, ele receberá a mesma pontuação de um jogador que prosseguiu imprudente por todo o trajeto. Ou seja, percebe-se um sistema único de métrica para indivíduos diferentes.

O cenário hipotético criado acima ilustra um esquema comum de avaliação em jogos eletrônicos. No entanto, um sistema de avaliação baseado em crivos matematizados possui um esquema refinado de pontuação, deste modo, o resultado final é alcançado após uma análise sobre o grau de certeza da resposta. Sendo assim, um dos objetivos do crivo matemático neste trabalho está ligado à aproximação máxima da pontuação real do indivíduo.

Existem dois tipos de crivo ligado a cada sessão de bateria de testes. O primeiro é o crivo geral do jogo e o segundo é o crivo referente ao indivíduo. O crivo geral do jogo pode ser observado segundo a Tabela 3.

Tabela 3 – Crivo geral de uma sala

Guilford		Teoria PASS			
	Operação| Processos	Atenção Sucessiva	Atenção Simultânea	Planejamento Sucessivo	Planejamento Simultâneo
	Sistema	Três relógios lado a lado na parede - Tais códigos representam a senha do cofre.	Objetos cortantes girando na sala - Se tocar neles perde energia.	Inserir as horas do relógio na ordem da esquerda para direita no leitor do cofre.	Evitar danos enquanto realiza as tarefas. Sobreviver à sala.
	Transformação	Atentar-se para a resolução do desafio sobre a mesa sem sofrer danos.	Objetos inimigos girando ao redor do jogador.	Reorganizar os cubos numéricos do outro lado da sala.	Escapar dos objetos cortantes girando no cenário.
	Implicação	O Armário se abrirá com a chave que se encontra nos "Itens do Jogador".	Ativar a energia inserindo a Engrenagem no reator elétrico.	Após organizar os cubos numéricos estes sumirão e aparecerá um item sobre a mesa!	O ato de colocar a engrenagem no reator e os códigos no cofre SEM sofrer danos por parte do sistema inimigo.

A Tabela 3 apresenta a estrutura do cruzamento das dimensões cognitivas preenchida com as informações referentes às atividades de cada jogo. Este crivo, como o nome sugere, fornece uma visão ampla sobre uma única sala do jogo. Cada sala de teste possui o seu próprio crivo geral. Nesta representação a dimensão semiótica não aparece explicitamente, o que significa que este quadro pode ser adotado por qualquer um dos três aspectos semióticos delimitados por esta pesquisa.

O crivo do indivíduo está ligado diretamente às ações do indivíduo dentro do ambiente virtual. Este crivo visa mensurar o grau entre certo e errado da resposta do jogador enquanto uma comparação é realizada entre as ações do jogador e as possíveis atitudes previstas pelo crivo. A Tabela 4 ilustra este processo.

Tabela 4 - Crivo do jogador e escala de atitude

CRIVO - ESCALA DE ATITUDES		
Objeto:	Sensor do cofre	
ID:	Sensor_cofre	
Descrição		PESO
Ação 1	Verifica 10 + vezes e erra a Sequência	1
Ação 2	Verifica 9 vezes e erra a Sequência	2
Ação 3	Verifica 8 vezes e erra a Sequência	3
Ação 4	Verifica 7 vezes e erra a Sequência	4
Ação 5	Verifica 6 vezes e erra a Sequência	5
Ação 6	Verifica 5 vezes e erra a Sequência	6
Ação 7	Verifica 5 vezes e acerta a Sequência	7
Ação 8	Verifica 4 vezes e acerta a Sequência	8
Ação 9	Verifica 3 vezes e acerta a Sequência	9
Ação 10	Verifica 1 ou 2 vezes e acerta a Sequência	10

Este crivo com a escala de mensuração de atitudes tem uma participação importante dentro do jogo, por isso, antes ser explicada, é válido mencionar a estrutura da lógica nebulosa e sua relação com a escala de mensuração.

A lógica nebulosa, também conhecida como lógica fuzzy, é caracterizada como a lógica da imprecisão por ser capaz de expressar valores possibilitando a representação do grau de certeza, associação e de todo um conjunto de valores intermediários que variam entre os extremos de verdadeiro e falso (Klein & Weber, 2003). Os conjuntos fuzzy e lógica fuzzy são considerados ferramentas muito poderosas para sistemas que possuem um grau de incerteza ou algum fator ligado à natureza. Desta forma, a lógica fuzzy desempenha um papel realmente importante quando o propósito é encontrar soluções aproximadas (Bojadziev & Bojadziev, 1996). Por fim, dentro da lógica fuzzy, as variáveis não são consideradas como detentoras de um único estado, mas sim de diversos estados.

A escala de mensuração de atitudes visa exatamente possibilitar a aproximação de um valor numérico através de um espectro que varia entre o certo e o errado. Desta forma, a relação entre a escala de mensuração e a lógica fuzzy se faz presente no aspecto conceitual da incerteza.

Deste modo, a Tabela 4 representa o crivo do indivíduo referente à resolução de uma das atividades que consiste em identificar a relação existente entre um cofre, devidamente posicionado em um canto da sala, e os relógios fixos em uma das paredes deste mesmo local. Como visto na Figuras 22 e Figura 23 a seguir.

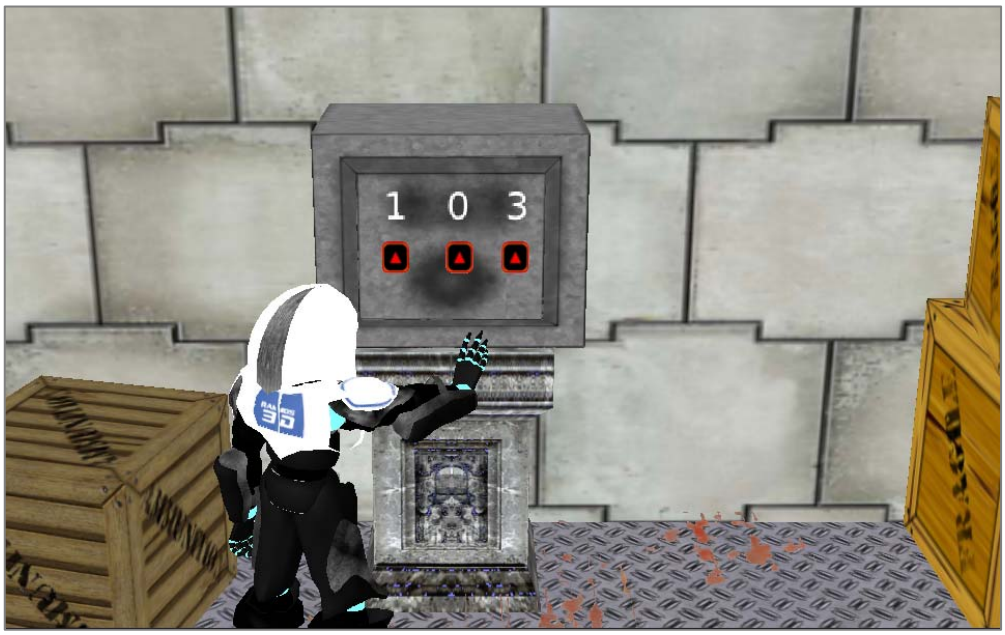


Figura 22 - Desafio do cofre

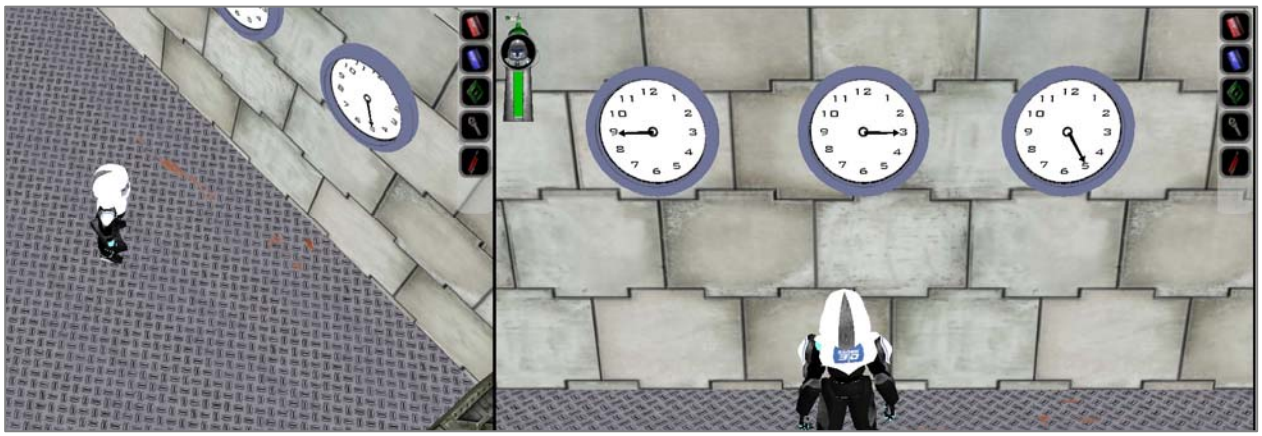


Figura 23 - Relação entre o cofre os relógios

Diferente dos jogos eletrônicos tradicionais, este sistema não informará para o jogador nenhum tipo de instrução por extenso sobre o que deve ser feito. O propósito é avaliar a capacidade de atenção às dicas implícitas pela própria estética do cenário que envolve um estímulo metacognitivo. Etimologicamente, a metacognição está relacionada ao ato de refletir sobre o processo de aquisição da informação, ou seja, analisar o modo como se aprende. Segundo Yzerbyt e colaboradores, embora a metacognição seja um pouco negligenciada como um objeto de investigação científica, ela é uma característica fundamental da cognição humana (Yzerbyt et

al., 1998). Deste modo, o estímulo metacognitivo neste sistema tem o propósito de fazer com que o jogador reflita sobre as mensagens visuais que estão sendo transmitidas a fim de que consiga traçar uma linha de raciocínio rumo à solução.

Considerando a Figura 23, este jogo conta com um sistema de detecção que funciona como sensores inteligentes. Estes sensores desempenham a função de observar algumas ações do jogador, tais como: o ato de olhar para algum objeto no cenário, medir o número de vezes que o jogador passa por um determinado objeto solução e não o percebe e marcar o tempo de entrada e saída do jogador de uma determinada sala. Em outras palavras, são sensores de rastreamento comportamental simples. Deste modo, há um sensor presente na Figura 23 que é responsável por observar se o jogador será capaz de notar os relógios na parede, bem como medir o tempo em que o individuo ficará olhando os relógios e quantas vezes ele avalia os relógios e o cofre, Figura 22, sem se dar conta de que as horas marcadas pelos relógios correspondem à seqüência da senha que abre o cofre. Por fim, a partir do ponto de vista computacional, sempre que um desafio for solucionado o seu respectivo sensor de observação será desativado automaticamente. Este procedimento visa evitar que coletas de dados desnecessárias sejam realizadas, uma vez que o objetivo já foi alcançado.

A Tabela 4 corresponde ao crivo do indivíduo referente ao comportamento dele em relação ao cofre. A Tabela 5, apresentada abaixo, está fazendo referência ao comportamento do jogador em relação aos relógios.

Tabela 5 – Sensor de rastreamento comportamental simples

Relógios	
Contador *(x=x+1).*	• Contabiliza o número de vezes que os relógios entraram no campo de visão do jogador. • Marca o tempo exato em que isto ocorreu.
Duração	Mede o intervalo entre o momento inicial em que o jogador visualiza os relógios e o tempo final, quando os relógios saem do campo de visão.

A Tabela 5 não é exatamente um crivo, mas sim uma tabela de controle sobre as ações em função do tempo. De acordo com a descrição da tabela, percebe-se que a variável *tempo* possui uma participação bastante ativa dentro do sistema. Isto ocorre porque, em função do tempo gasto para realizar as tarefas, algumas hipóteses podem ser levantadas e posteriormente testadas. Por exemplo: Considere uma determinada tarefa em que o tempo mínimo de execução seja de 10 segundos e que apenas dois participantes de um grupo de 40 indivíduos foram capazes de realizar esta tarefa com o tempo de resposta inferior a 5 segundos. Considerando também que ambos tenham acertado a resposta, há duas hipóteses iniciais que podem surgir: primeiramente, a possibilidade de ter ocorrido um acerto acidental, ou seja, não houve tempo hábil para que ocorresse um planejamento mínimo ou mesmo para que houvesse a assimilação do desafio. A segunda hipótese é a probabilidade de que ambos possuam um alto potencial cognitivo. Mas para que estas hipóteses iniciais possam ser avaliadas, os resultados de todos os testes realizados por esses indivíduos precisarão ser analisados pelo sistema. Sendo assim, ao confrontar o desempenho da fase em que esta pontuação diferencial foi observada com as demais, será possível verificar se o padrão de desempenho se repete. Se o padrão se repetir a primeira hipótese será desconsiderada. Em seguida, devido ao curto espaço de tempo registrado, o processo de avaliação das funções cognitivas destes indivíduos retornará dados que, inicialmente, não nos permitirá levantar novas hipóteses e nem novas testagens. Ou seja, é possível identificar e destacar estes indivíduos dos demais. No entanto, o jogo terá que fazer um esforço maior para realizar sucessivas evoluções até que seja possível alcançar o nível deste jogador. De modo geral, a complexidade para conseguir dados das avaliações cognitivas depende da flexibilidade do modelo de adaptação e evolução.

Os crivos exemplificados acima demonstram a estrutura de pontuação baseada na escala de atitudes, bem como sua relação com o jogo. No que diz respeito ao processo de avaliação das funções cognitivas, este modelo segue as definições apresentadas no manual do CAS (Das e Naglieri, 1997). As funções avaliadas estão limitadas ao Planejamento, Atenção, Simultâneo e Sucessivo (PASS). A figura a seguir ilustra o esquema de avaliação por sala.

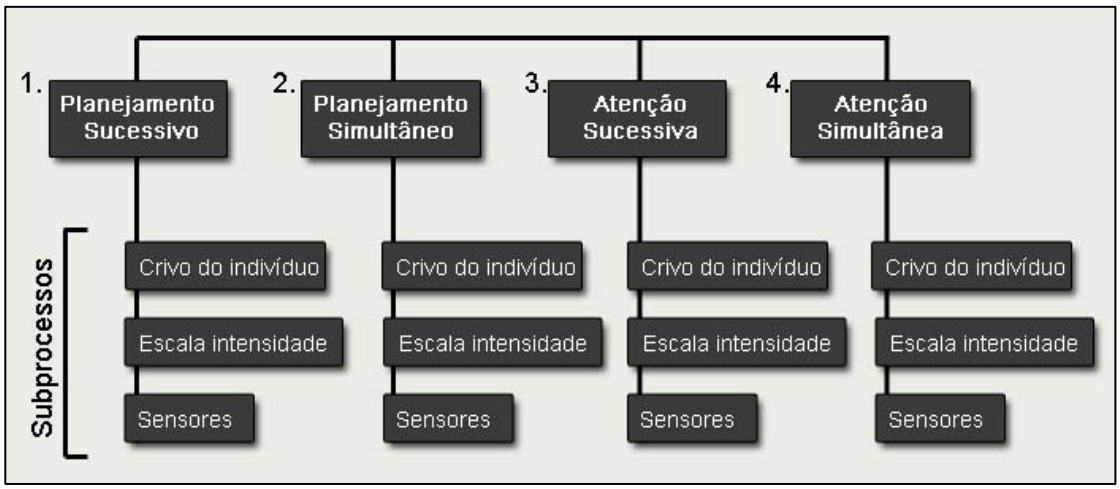


Figura 24 - Esquema de avaliação por sala

Os processos cognitivos numerados representam as atividades. Cada atividade possui seu próprio conjunto de subprecessos, de acordo com a Figura 24. Estes subprocessos são criados a partir das especificações dos processos cognitivos segundo a teoria PASS (Das e Naglieri), ou seja, o processo de elaboração dos subprocessos é customizado, por exemplo: os sensores e, consequentemente a escala de intensidade de uma atividade de Planejamento sucessivo, não vai ter sua estrutura igual a de uma atividade de Atenção Simultânea. Sendo assim, a pontuação dos processos cognitivos são resultados dos subconjuntos.

A Figura 25 apresenta uma visualização geral e resumida de como a estrutura sistêmica se organiza.

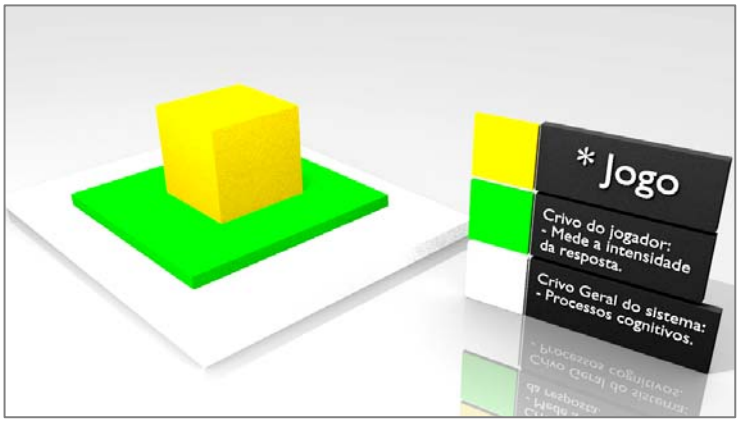


Figura 25 - Organização dos crivos no sistema

Até este momento, apenas foram apresentadas as estruturas do crivo. Mas, segundo o modelo computacional, existe também o crivo evolutivo, que compõe a segunda etapa deste Capítulo. A Figura 26 abaixo demonstra a parte do modelo computacional que apresenta o crivo evolutivo.

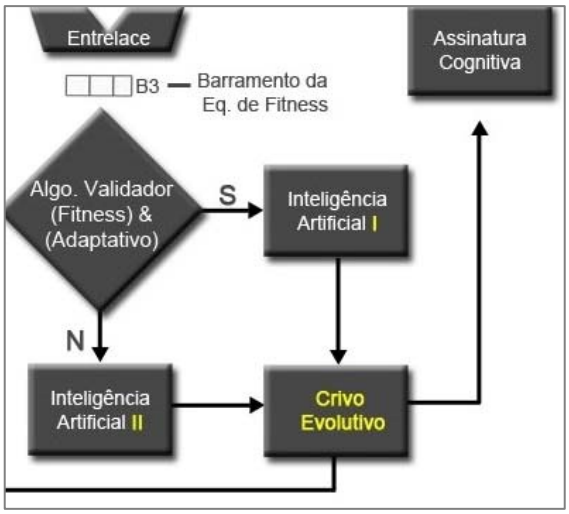


Figura 26 - Recorte sobre o Crivo Evolutivo

Como é possível observar, o crivo evolutivo está recebendo dados de algoritmos de Inteligência Artificial. O que de fato está acontecendo é que o resultado do desempenho do jogador que está sendo calculado pelo algoritmo de IA, gera uma tabela. Por exemplo, quando o sistema começa, a margem aceitável pelo fitness é com base nos valores arbitrados que o jogador pode alcançar de acordo com os crivos. Porém, quando o jogador passar para a segunda fase o fitness receberá a média da primeira fase a fim de que sua margem seja com base no desenvolvimento do jogador. Isso significa que nas próximas fases a ideia é que sempre evolua, mas pode acontecer que o indivíduo tenha recaídas e precise que o sistema se ajuste a ele. Este processo de ajustar ou adaptar é exatamente a capacidade do modelo de atualizar a margem aceitável do fitness em função do resultado do jogador.

Prosseguindo a linha de raciocínio, sempre que o jogo avançar uma fase o fitness se ajustará à última média obtida. Todo este processo de evolução ou involução será salvo à parte em uma base de dados. Pois como é possível notar, este modelo é altamente volátil, ele se atualiza continuamente e libera da memória qualquer registro do passado. Então, para que seja

possível verificar se houve ou não evolução é preciso avaliar o histórico do jogador.

Deste modo, o crivo evolutivo vem a ser uma representação da atualização do fitness. Como já exposto, é provável que nem todo jogador evoluirá sempre, em alguns momentos pode haver um retrocesso, porém, considerando o Cesário de evolução contínua, a Figura 27 abaixo ilustra a freqüências das evoluções.

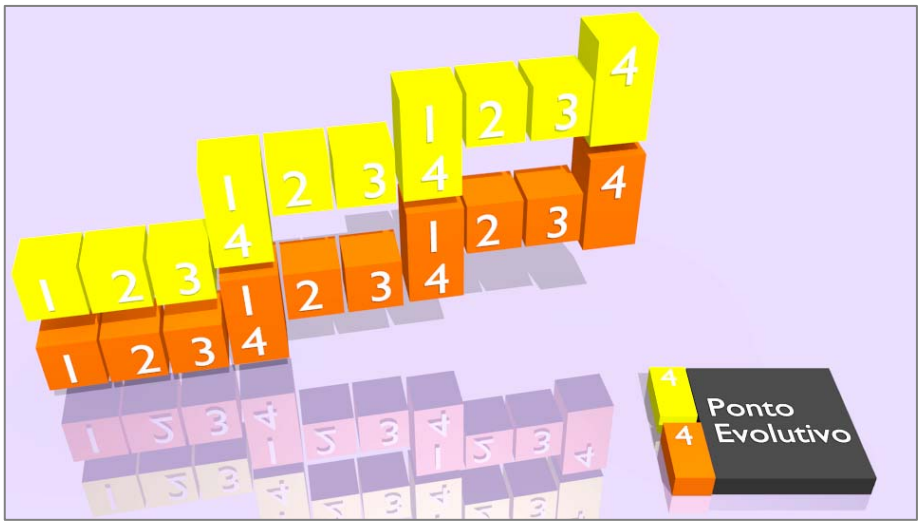


Figura 27 - Frequência evolutiva

Esta figura indica que a cada fase uma manifestação evolutiva ocorrerá. As seqüências numéricas simbolizam uma fase, pois em cada fase há 3 jogos, e a cada 3 jogos uma evolução.

Por fim, referenciando a hipótese desta pesquisa que acredita que o processo adaptativo e evolutivo seja capaz de melhorar o aproveitamento do aluno, o esquema de pontuação dos crivos deste modelo permite que, ao final, os valores armazenados na base sejam observados a fim de verificar o desempenho do jogador ao comparar os resultados iniciais, intermediários e finais.

3.4 Modelo de educação personalizada

O modelo computacional desenvolvido por esta pesquisa possui uma característica multidisciplinar por não se restringir apenas a uma área do conhecimento, sendo assim, as três principais áreas abordadas por este modelo são Ciência da Computação, Neurociência Cognitiva e Educação. Até o presente momento foram expostas teorias da neurociência cognitiva e aspectos

computacionais de acordo com as necessidades da pesquisa. Desta forma, este capítulo irá abordar a relação que este modelo computacional possui com o aspecto educacional. Mais precisamente sobre o que diz respeito às ideias de Faure sobre a teoria da educação personalizada e adaptada às necessidades do aluno (Faure, 1993), juntamente com a posição de Paulo Freire ao contribuir com a importância de se construir um ensino voltado às necessidades de cada aluno a fim de estimular a autonomia (Freire, 2002).

Segundo a obra intitulada *Ensino Personalizado e Comunitário*, de Faure (1993), são apresentas reflexões sobre uma educação mais individualizada e, portanto, mais justa. O francês Pierre Faure realizou importantes contribuições para o processo de reconstrução educacional durante o período pós-guerra na França (Beurmann, 2007). A educação sofria intensa movimentação, quando Faure surge focado em realizar pesquisas sobre novos métodos de ensino e aprendizagem dando origem ao modelo de ensino personalizado e comunitário (Faure, 1993). A educação personalizada é:

> [...] uma metodologia que visa formar "pessoas" autônomas, responsáveis, que tenham iniciativa, responsabilidade, compromisso, que alcancem uma vida espiritual plena, enfim, que sejam capazes de interagir no mundo com posturas solidárias e fraternas. (Beurmann, 2007, p. 2).

Segundo Faure, todo este processo de formação de autonomia e construção do ser precisa ser realizado respeitando o ritmo de desenvolvimento de cada indivíduo (Faure, 1993). Este processo adaptativo é exposto também por Piaget (1986) ao ressaltar que a adaptação está ligada ao processo de sobrevivência do indivíduo. De acordo com o modelo computacional proposto nesta dissertação, os aspectos evolutivos e adaptativos são usados para auxiliar no processo de avaliação personalizada e, automaticamente, adaptada à velocidade com que o aluno se desenvolve. Um dos objetivos deste modelo é possibilitar um processo de avaliação não autoritária. Ou seja, que não obrigue o aluno a realizar tarefas que ele não se sinta seguro para executar. Deste modo, o aluno tem total liberdade para escolher qual tarefa deseja realizar sem o risco de sofrer punições por parte do sistema. Esta estratégia adotada pelo modelo computacional é visualizada no enfoque personalizador de Faure, que sugere que a escola ultrapasse os limites

dos conteúdos de tal modo que o aluno sinta prazer por ter passado por ela (Faure, 1993). Além disso, Beurmann complementa afirmando que:

> "Uma escola que acolhe e admite seus alunos sem provas, pronta para ajudá-los a crescerem com segurança, respeitados em seu ritmo de aprendizagem, onde sejam motivados a se expressarem, é uma escola que deixa marcas profundas na formação de seus alunos e isto os prepara para enfrentarem a vida sem agressividade, sem inseguranças." (Beurmann, 2007, p. 2).

Assim, a estrutura deste modelo foi criada com a preocupação de não proibir o aluno explorar o ambiente e suas possibilidades, bem como de exercitar a tomada de consciência sobre suas habilidades e sem represálias. Ainda referente a este aspecto, Faure acrescenta que a base de qualquer educação está ligada ao processo de tomada de consciência sobre a própria personalidade e capacidade de execução (Faure, 1993). Desta forma, estimular e encorajar o aluno invés de punir e limitá-lo às fronteiras predeterminadas, faz com que o processo de aprendizagem e desenvolvimento do aluno melhore.

O professor da Universidade de Nova York e consultor em educação, Jim Lengel, apresenta uma visão sobre a qual o ensino personalizado tem ganhado espaço, a Educação 3.0 (Lengel, 2012). Lengel monta um paralelo entre educação e ambiente de trabalho ao longo do tempo de modo que, ao final, conclui que o modelo educacional atual está desalinhado em relação às necessidades do ambiente de trabalho e da sociedade (Lengel, 2012). A Figura 28 a seguir resume a colocação de Lengel:

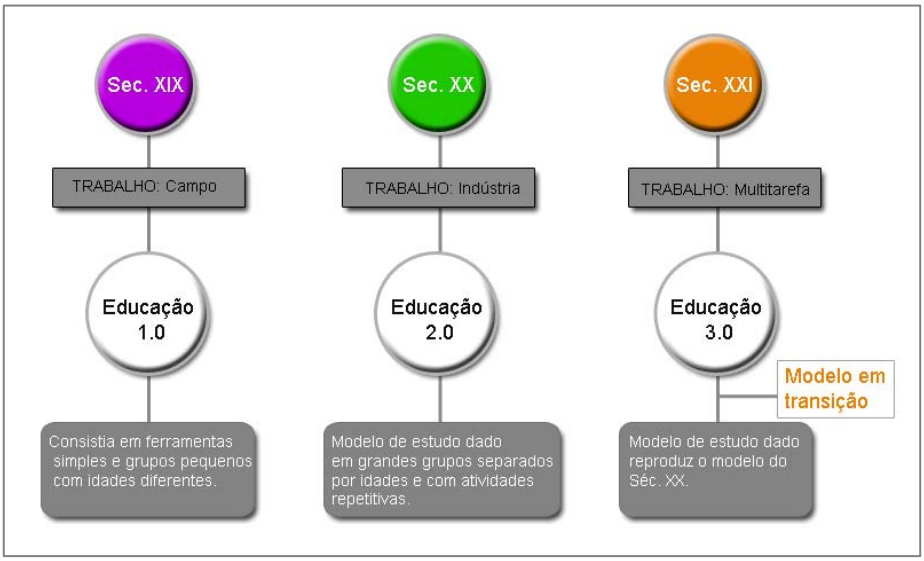


Figura 28 – Organização temporal trabalho e educação

De acordo com Lengel, atualmente a forma como trabalhamos e nos relacionamos é bastante diferente das formas possíveis dos séculos anteriores. Os avanços tecnológicos no século XXI que resultaram nas mudanças em como interagimos e aprendemos seriam indicativos de que precisamos mudar, também, a forma como ensinamos (Lengel, 2012). A percepção apresentada por Lengel expõe que o atual modelo de educação não evoluiu a fim de acompanhar as necessidades do mundo ao redor e, por isso, precisa ser revista a fim de que o aluno possa obter maior aproveitamento no aprendizado.

A proposta de uma educação adaptativa, ou seja, que respeita a velocidade de desenvolvimento do aluno, possibilita o exercício dos seis princípios destacados por Lengel como características ligadas aos alunos 3.0, que são: Trabalhar em problemas que valham a perna ser resolvidos, colaboração produtiva entre alunos e professores, a possibilidade dos alunos realizarem pesquisas auto-dirigida, habilidade de se expressar, utilização de ferramentas adequadas para uma determinada tarefa e o instigar a curiosidade e a criatividade (Lengel, 2012). Este cenário de adaptabilidade sugere que o aprendizado ocorra com mais fluidez e naturalidade. Sem pressões e de acordo com cada estilo de aprendizagem. Este cenário remonta a hipótese a qual esta pesquisa se propõe a testar.

CAPÍTULO 4 – Interface de Coleta dos Dados

Neste capítulo é apresentado o sistema de avaliação das funções cognitivas criado para a aplicação do modelo computacional proposto pela pesquisa. É importante frisar que, devido à complexidade e a quantidade de detalhes contidos no modelo computacional, este sistema efetuou um recorte na proposta a fim de tornar viável sua implementação em um espaço de tempo reduzido. Deste modo, o recorte consistiu em executar as tarefas relacionadas à evolução e adaptação inicial. Considerando também que foi desenvolvida uma quantidade de bateria de sub-jogos menor para os usuários.

Em um segundo momento são apresentadas as principais variáveis que serão avaliadas pelo sistema computacional, bem como o quadro geral das demais variáveis que contribuem para o processo de avaliação.

A representação visual do quadro geral de variáveis tem como objetivo demonstrar a organização das variáveis dentro do jogo computacional. Por fim, a relevância das demais variáveis que aparecem no quadro é exposta por meio de breves descrições e definições de aplicação.

4.1 Sistema Computacional de Avaliação Cognitiva

Através de uma abordagem lúdica, o sistema computacional para avaliação de funções cognitivas é representado por um jogo tridimensional. Neste ambiente interativo, o jogador assume o papel de um personagem cujos desafios foram montados com base nas atividades criadas pelo CAS (Das e Naglieri, 1997). Sendo assim, este jogo possui uma bateria de sub-jogos divididos em níveis de complexidade de acordo com as variações semióticas. A Figura 29 a seguir ilustra a visualização do ambiente dos testes cognitivos. Em seguida, na Figura 30, é apresentada a organização da bateria de sub-jogos do sistema.

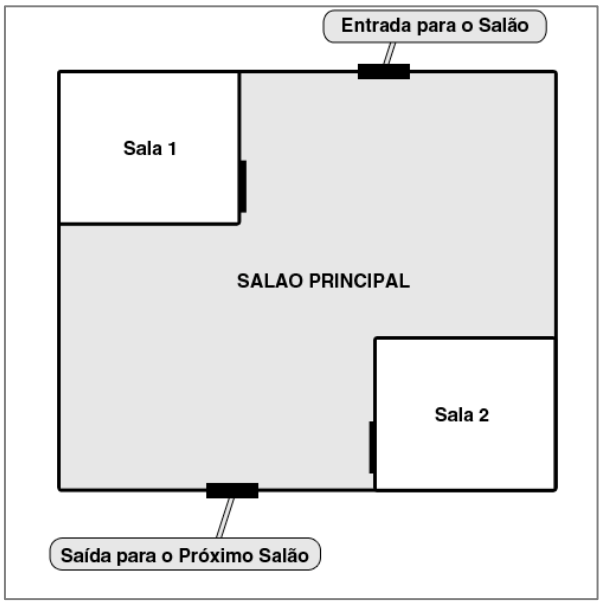


Figura 29 - planta baixa do ambiente virtual

Como observado na Figura 29, existem duas salas onde as atividades serão carregadas respeitando os critérios do algoritmo responsável pela escolha dos níveis. O Salão Principal é fisicamente estável, com variações no aparecimento de itens no cenário de acordo com a fase. A figura a seguir é uma visão mais aprofundada que demonstra as principais variáveis coletadas e a quantidade de sub-jogos existentes em cada sala.

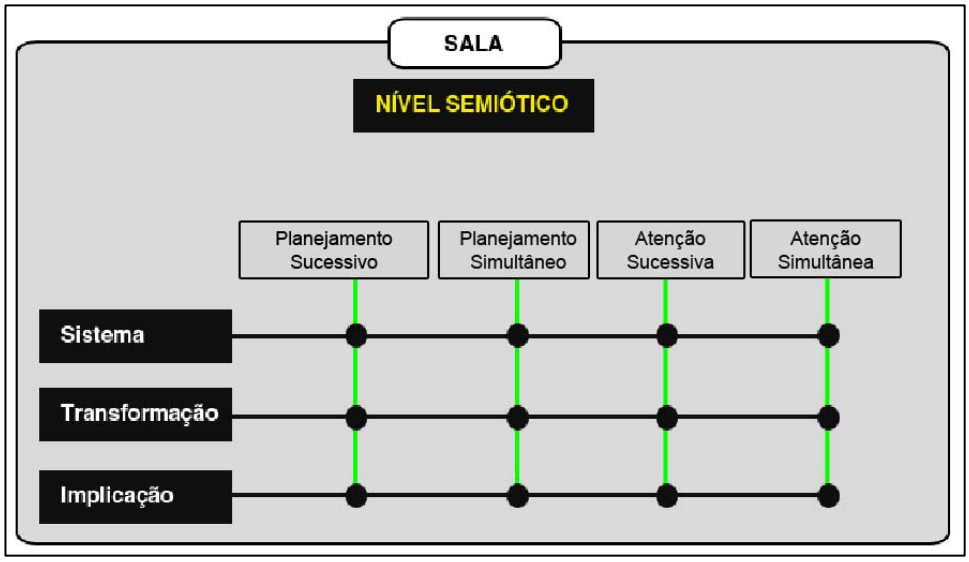


Figura 30 - Bateria de sub-jogos

A Figura 30 acima é padrão para qualquer sala do jogo. Logo, todas as salas apresentarão uma bateria de 12 sub-testes ou sub-jogos que visam avaliar as variáveis principais, que são: Planejamento, Atenção, Sucessivo e Simultâneo. Para que os desafios ganhassem forma, as funções cognitivas foram cruzadas com as operações de Guilford (1967) que são: Sistema, Transformação e Implicação. Esta figura é uma representação geral de uma sala de testes onde os vértices gerados a partir dos cruzamentos simbolizam a presença do sub-jogo. No entanto, essa visualização não apresenta de forma mais detalhada as outras variáveis que desempenham um papel de permitir a realização de inferências e de interpretações sobre as ações do jogador. Para tanto, o quadro geral de variáveis da Tabela 6 realiza essa pormenorização.

Tabela 6 - Quadro geral das variáveis

Variáveis Gerais	Descrição
Tempo de reação	Tempo referente ao intervalo entre o início da atividade e a primeira ação do jogador.
Tempo em sala	Mede o tempo total que o jogador leva dentro da sala.
Tempo de resolução	Mede o tempo que o jogador leva para resolver um problema

	específico.
Tempo de visualização	Mede o tempo em que o jogador esteve visualizando uma determinada atividade.
Sensor Entrada/Saída	Dispositivos que indicam o momento em que o jogador entrou ou saiu da sala de testes.
Sensores de visão	Dispositivos sensíveis ao toque espalhados em pontos estratégicos do cenário responsáveis por identificar o ponto de visualização do jogador. Identifica a direção para onde o jogador está olhando.
Sensor de desistência	Dispositivo que indica quando o jogador não realiza as tarefas e muda de sala sem retornar à anterior. Simbolizando a falta de interesse por uma determinada sala.
Nº Danos	Contabiliza o número de danos por fase.
Nº Danos letais	Contabiliza o número de danos que levaram a barra de energia do personagem chegar a zero.
Nº Perseverações Positivas	Registra a quantidade de tentativas com mudanças de estratégia.
Nº Perseverações Negativas	Registra a quantidade de tentativas sem mudança na estratégia, ou seja, persistindo no erro.

Ao observar o quadro das variáveis acima é importante ressaltar que alguns processos internos de armazenamento temporário são realizados a fim de melhor controlar estas variáveis gerais. Estes processos são feitos dentro do próprio motor de construção de jogos do software Blender, que é apresentado no Capítulo 5.3.

Neste momento, é importante apresentar as motivações que justificaram a criação das variáveis gerais. Em um segundo momento, é válido frisar a relevância destas variáveis para o sistema avaliativo. Concluindo então, com uma breve reflexão sobre as estratégias tomadas e os riscos presentes neste processo de decisão sobre o quê observar.

De acordo com as variáveis apresentadas até o momento, pode-se dizer que as variáveis observadas pelo sistema podem ser divididas em dois grupos: Variáveis principais, que são oriundas da teoria PASS (Das e Naglieri, 1997) e as variáveis gerais, que servem como auxílio para medição e avaliação das variáveis principais. O primeiro ponto a se observar nesta questão é

o modo como estas variáveis gerais surgiram. Tendo o manual de aplicação do CAS como referência (Das e Naglieri, 1997), foi possível observar o conjunto de regras sobre o processo de leitura e interpretação dos dados observados. Estas informações deram início à necessidade de criar variáveis que pudessem permitir um maior controle sobre o cenário da aplicação, uma vez que o computador assume o papel do observador e avaliador. Assim, novas variáveis que fazem sentido em existir em um jogo eletrônico começam a ganhar proporção como o caso dos sensores para monitoramento das ações. Além disso, o fato do jogo criado por este trabalho ser virtual a possibilidade de explorar a captura de um volume alto de dados passa a se tornar possível, algo que poderia representar um desafio para um examinador humano administrar.

A importância das variáveis gerais está ligada diretamente ao sistema de controle das ações do jogador. Estas variáveis armazenam os resultados finais das ações no ambiente. Além das variáveis gerais, existe também um sistema de variáveis temporárias que se apresentam como propriedades internas do motor de jogo do Blender. Estas variáveis auxiliam as variáveis gerais, elas funcionam como um sistema de observação em tempo real do ambiente virtual realizando um rastreamento das possíveis ações do jogador no cenário.

Analisando as ações tomadas a fim de definir o conjunto de variáveis a serem observadas, percebe-se que não se trata de um conjunto restrito e exato de variáveis, ou seja, muitas outras poderiam ser criadas. No entanto, para fins de organização e controle sobre o campo observado, o conjunto de variáveis gerais mais o conjunto de variáveis temporárias auxiliares são o suficiente para arrecadar as informações que se deseja analisar. Por fim, com o propósito de evitar equívocos no processo de avaliação e no processo de interpretação dos dados, o manual do CAS foi acompanhado e estudado de modo que as orientações pudessem ser seguidas. Naturalmente, algumas modificações e adaptações foram realizadas considerando que há mais variáveis a ser observadas neste trabalho do que no CAS e, também, pelo fato deste sistema e avaliação ser eletrônico.

CAPÍTULO 5 – Documento de Desenvolvimento do Jogo

Neste capítulo são abordados três pontos importantes referentes ao processo de desenvolvimento de um jogo computacional com foco em avaliações cognitivas. O primeiro aspecto a ser abordado é a presença de uma documentação básica com as descrições do projeto a partir do ponto de vista administrativo e tecnológico. Em seguida, é apresentada uma reflexão sobre a importância de desenvolver sistemas de avaliação cognitiva que permitam a imersão do usuário em um ambiente cuja estética não denuncie para o indivíduo que ele está sendo observado. Esta reflexão faz uso da relação existente entre a interpretação da estética estudada por Shimamura (2012) com a semiótica de Charles S. Peirce (1999).

Por fim, uma abordagem tecnológica é realizada apresentando os softwares utilizados, bem como uma breve consideração que justifica a escolha das ferramentas apresentadas.

5.1 Documentação básica

O processo de desenvolvimento de um jogo computacional inicia-se muito antes da primeira linha de código ser escrita. A definição dos objetivos, a concepção artística, a elaboração do enredo compatível com a proposta são apenas alguns aspectos que compõem a documentação básica de um projeto (Rouse, 2005). Deste modo, um jogo para avaliação cognitiva também precisa seguir e respeitar alguns processos técnicos de desenvolvimento.

. O *Game Design Document* (GDD) é um documento onde são armazenados os registros referentes à concepção artística, histórica e tecnológica do projeto. Este documento é altamente flexível, pois pode ser alterado ao longo do processo de desenvolvimento (Rouse, 2005). Segundo Mitchell, é importante considerar inicialmente alguns aspectos para fins de organização do desenvolvimento do jogo que são: o processo de escrita do jogo, a criação dos personagens, a projeção de adereços, o desenvolvimento dos ambientes, o processo de animação e as cenas de filme (Mitchell, 2012). Entende-se por cenas de filme como pequenos vídeos ao longo do jogo cujo objetivo é explicar ou contextualizar algo.

Como cada GDD é desenvolvido de maneira a atender às necessidades de um projeto específico, é correto imaginar que dificilmente existirá mais de um projeto seguindo a mesma

estrutura e respondendo exatamente as mesmas questões. No entanto, há algumas características gerais que precisam ser salientadas segundo Adams (2009), que são jogabilididade, objetivo e as regras do jogo. Normalmente, estas características se fazem presentes na maioria das vezes dentro de um GDD. Embora não exista uma estrutura obrigatória de padronização deste documento, a literatura existente tem se responsabilizado por guiar artistas e desenvolvedores ao longo do processo de desenvolvimento, deste modo, inspirada pela obra de Adams (2009), a seguinte estrutura foi elaborada a fim de melhor atender as necessidades do jogo aqui apresentado.

Estrutura:

Introdução
- Dados do jogo: Nome, Público alvo
- Enredo
- Storyboard
- Personagens
- Ambiente
- Jogabilidade
- Efeitos sonoros

Deste modo, a Figura 31 a seguir apresenta o Game Design Document do jogo com base nos pontos indicados acima:

Game Design Document (GDD)

Dados do jogo

Nome: Perdido no espaço.
Público Alvo: Crianças com idade entre 7 à 12 anos.

Enredo

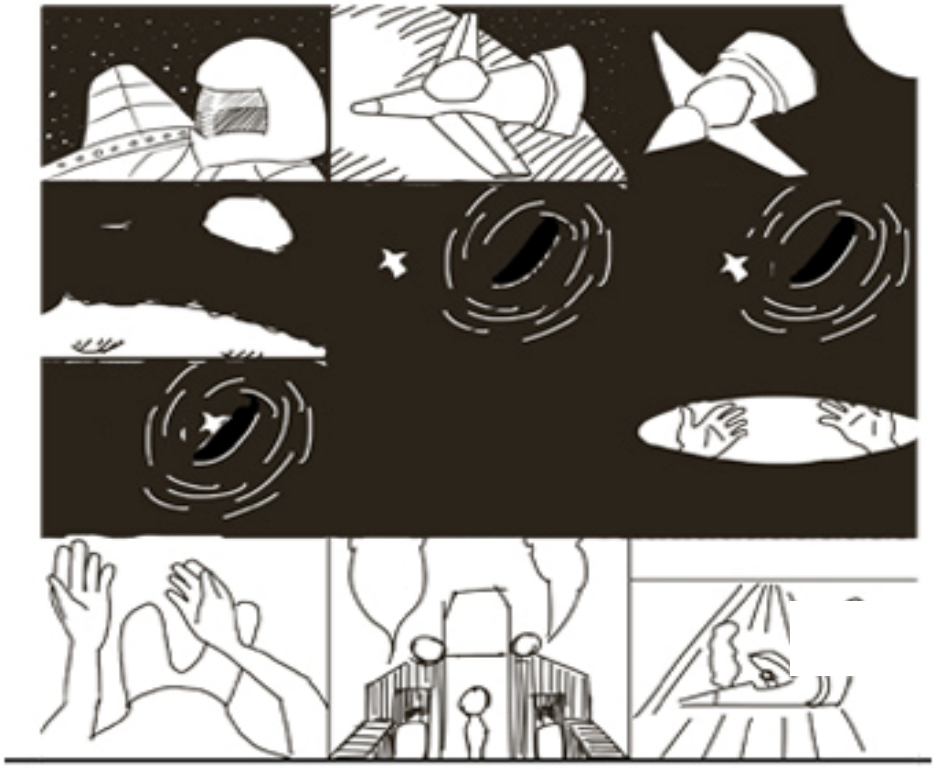
O jogo relata a história de um patrulheiro espacial cuja missão é manter o planeta terra a salvo de invasões por parte de seres extra-terrestres. Porém, enquanto realizava mais uma de suas rotineiras rondas quando, misteriosamente, sua nave foi sugada por uma espécie de buraco negro que o lançou em um planeta desconhecido em outro universo. Agora, perdido no tempo e no espaço, o patrulheiro deve vasculhar o novo planeta a fim de coletar ferramentas e peças que o possibilite consertar sua nave e voltar pra casa.

Storyboard

O Storyboard a seguir apresenta a seqüência de imagens que descrevem o enredo a partir do ponto de vista artístico.

Figura 31 - Game Design Document (GDD)

A Figura 32 apresenta o Storyboard do jogo. O Storyboard pode ser compreendido como um quadro de apresentação gráfica das principais cenas no jogo que visa fornecer uma percepção mais abrangente sobre o projeto.



Leitura dos quadros:

1 – Você é um patrulheiro do espaço.
2 à 4 – Está fazendo sua ronda diária em torno da terra.
5 à 7 – Repentinamente a nave é sugada por um buraco negro.
8 à 12 – Este buraco negro te lança em um planeta desconhecido e, devido ao impacto, sua nave fica danificada.

Figura 32 – Storyboard

A Figura 33 e Figura 34 complementam o Storybord ao apresentar uma breve exposição do enredo e o personagem principal.

Personagem e Ambiente

O jogo ocorre em uma base espacial localizada em um universo paralelo.

O Personagem é um astronauta equipado com roupas e ferramentais iniciais necessárias para ajudá-lo a sobreviver em ambientes desconhecidos.

Figura 33 - Personagem e ambiente

Figura 34 – Personagem principal

Jogabilidade

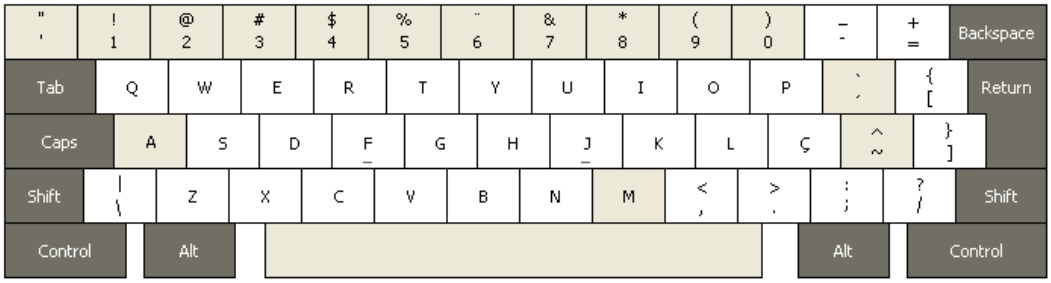
O primeiro controlador do jogo é o teclado. Sendo as teclas de ação:

W - Corrida

A - Virar à esquerda

D - Virar à direita

Barra de Espaço - Interagir com objetos



O segundo controlador do jogo é o mouse com os cliques para interagir com botões e barra de itens:

Efeitos Sonoros

Os efeitos selecionados para este jogo são livres de direitos autorais, podendo ser utilizados sem restrições legais.

Figura 35 – Jogabilidade e efeitos sonoros

A Figura 35 finaliza com a demonstração dos aspectos relacionados à Jogabilidade e efeitos sonoros existentes no cenário.

Esta documentação é bastante objetiva, porém, importante para a organização visual das principais etapas que devem ser consideradas a partir do ponto de vista administrativo e artístico do projeto. Segundo Richard Rouse, a elaboração de um GDD é fortemente recomendada independente do tamanho do projeto (Rouse, 2005). Deste modo, é importante que os projetos científicos que fazem uso de jogos eletrônicos também sigam esta filosofia para fins de organização e padronização técnica.

5.2 Imersão estética

De acordo com Shimamura, o termo *estética* está intimamente ligado ao modo como a arte evoca respostas emocionais dentro do indivíduo (Shimamura, 2012). O conceito sobre beleza é definido pela estética, e a estética é a responsável pelo estudo de como a mente humana contempla a beleza existente em objetos ao redor (Shimamura, 2012). Analisando o processo estético que evoca manifestações emocionais e a descrição sobre semiótica abordada por Peirce, percebe-se a relação existente entre semiótica e estética.

Com base em Shimamura (2012) e Peirce (1999) nota-se que a estética e a semiótica fazem parte da estrutura emocional e interpretativa do indivíduo em relação ao universo externo. Desta forma, considerando a construção de um jogo para avaliação de funções cognitivas, a presença da estética e da semiótica é contínua e por isso não pode ser desprezada.

Dentro do conceito estético abordado por Shimamura, a definição de *Esquema* pode ser compreendida como um quadro de expectativas criado pelo indivíduo em relação ao ambiente (Shimamura, 2012). Ainda de acordo com Shimamura, as sensações e as interpretações do universo estão ligadas ao campo das emoções. Seguindo este raciocínio, percebe-se que as interpretações do ambiente são dadas por aspectos estéticos e semióticos que estão ligados às emoções, deste modo, as alterações realizadas no ambiente externo seriam capazes de interferir nos esquemas estéticos e semióticos internos do indivíduo. Logo, o comportamento do jogador poderia ser modificado de acordo com os estímulos que o ambiente externo fornecer. Este é um ponto relevante para a pesquisa, pois, a reflexão que este capítulo se propõe a fazer é exatamente sobre o processo de imersão do jogador dentro do teste cognitivo. Esta imersão visa evitar que o participante se sinta como um objeto de estudo ou perceba que está sendo avaliado. Segundo as

abordagens apresentadas, é importante manter o participante exposto a um ambiente que não indique que o jogo se trata de uma avaliação. Pois a pressão ligada ao aspecto de estar sendo avaliado pode interferir no comportamento do jogador durante o teste. Sendo assim, vê-se os estudos sobre estética e semiótica como estratégias para gerar a imersão adequada para o jogador a fim de que a sensação fornecida seja a mais natural possível. Entende-se por sensação natural o fato do jogador não se sentir pressionado pelo ambiente.

5.3 Tecnologias adotadas

Esta seção destina-se a apresentação dos recursos utilizados para a construção do jogo computacional que acompanha esta pesquisa. Primeiramente são apresentadas as tecnologias e, em seguida, a motivação que justifica a escolha por estas tecnologias.

A primeira tecnologia adotada foi o Blender versão 2.62. O Blender é um software de modelagem, animação e pós produção tridimensional que permite a criação de jogos através de um motor interno chamado *Blender Game Engine* (BGE). Sendo assim, todas as fases, objetos e personagens foram modelados e animados dentro do Blender.

Para assumir a responsabilidade de armazenamento foram utilizados o banco de dados SQLite3 e arquivos XML. Como auxílio, as variáveis internas da BGE também foram usadas para evitar criação desnecessária de scripts para armazenar informações temporárias.

A linguagem de programação adotada foi o Python devido a sua perfeita compatibilidade de interação com o Blender, SQLite e na criação e manipulação de arquivos XML.

A escolha por utilizar o Blender como software principal para o desenvolvimento deste trabalho se dá por três razões: primeiro por ser um software livre e de código aberto, logo, o torna uma ferramenta com custo benefício bastante interessante. Segundo, por ser, até o momento, o único software de código aberto que assume a característica de 4 em 1: Animador, Modelador, Editor de vídeo e Motor de Jogo. Deste modo, exclui a necessidade da aquisição de outros programas para concluir o projeto, pois normalmente, motores de jogos proprietários são vendidos separadamente dos sistemas de animação e modelagem. Por fim, é possível realizar trabalhos com qualidade visual semelhante aos projetos desenvolvidos por programas proprietários existentes no mercado.

A BGE possui o Python como linguagem de programação padrão e o SQLite é compatível

com a sua estrutura disponibilizada. No entanto, como estratégia para evitar processos de inúmeros acessos ao banco, que poderiam gerar congelamentos de tela, as informações referentes ao desempenho do jogador, bem como informações referentes à fase em que ele se encontra, são gravados em arquivos *txt e ao final da fase, um único acesso ao banco é gerado para a gravação destas informações e o arquivo *txt é liberado para as próximas informações.

CAPÍTULO 6 – Resultados obtidos

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após a aplicação do jogo desenvolvido com base no modelo computacional evolutivo. Em seguida, a partir de uma organização visual são expostos os grupos que apresentaram semelhanças em sua assinatura cognitiva, bem como pontos de igualdade no processo de resolução dos problemas e desempenho cognitivo.

6.1 Dados Coletados

Antes de prosseguirmos com a apresentação dos dados é válido observarmos a estrutura lógica adotada que permite o processo de avanço e retrocesso dos níveis de dificuldade como visto na Figura 36.

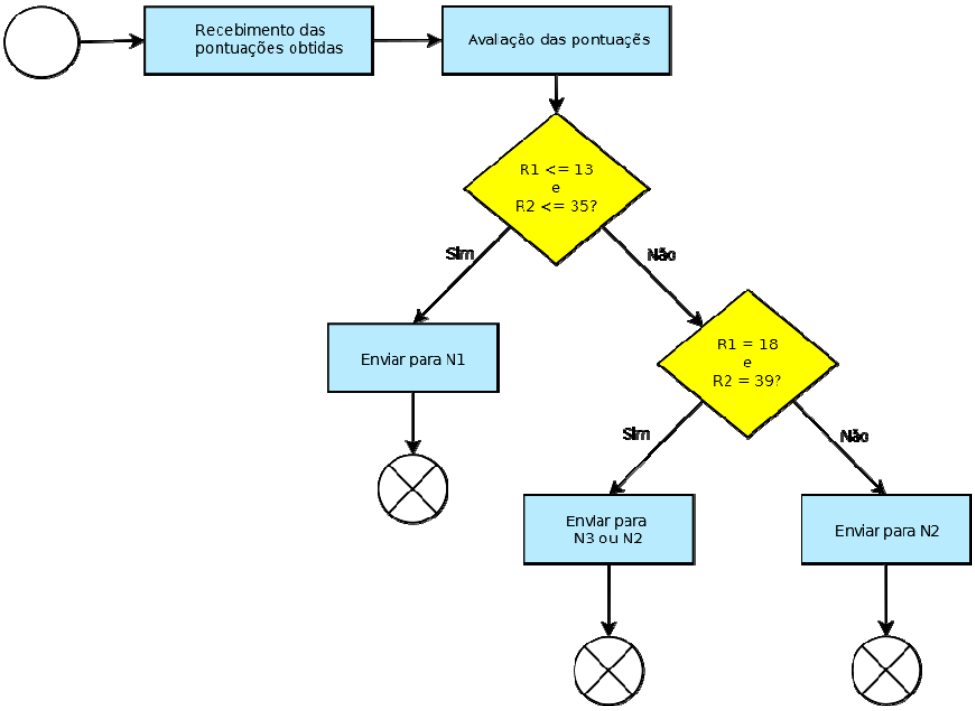


Figura 36 – Processo de evolução

Observando a Figura 36 temos as seguintes variáveis: R1 e R2, que correspondem ao Resultado obtido das atividades de Planejamento e Atenção, respectivamente. Enquanto N1, N2 e N3 são os níveis de complexidade que uma fase possui.

Em um segundo momento é importante ressaltar que este trabalho não possui o perfil de uma pesquisa quantitativa. Com isso, o propósito da aplicação deste sistema de avaliação cognitiva foi para demonstrar os seguintes aspectos que estão presentes na hipótese deste trabalho, que são: A possibilidade de desenvolver um sistema baseado no Modelo Computacional aqui proposto de modo que o mesmo evolua de acordo com o desempenho do jogador e, em um segundo aspecto, demonstrar a aplicação e a utilidade dos Crivos Lógico-Matemáticos neste processo.

Este jogo foi aplicado sobre dois participantes e, embora seja um recorte da proposta

geral de desenvolvimento, os resultados iniciais apresentados a seguir apontam para os indícios da presença do processo evolutivo do sistema com base no desempenho do jogador. Além disso, também foi possível notar que a variação da complexidade realmente foi útil para o desempenho do Participante 2.

As pontuações dos participantes 1 e 2 são apresentados respectivamente iniciando pelas tabelas de resultados das fases do jogo seguidas pelos grafos de desempenho que proporcionam uma compreensão mais ampla.

Tabela 7 – Resultado participante 1

Fase 1								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Total	N1
N1	Sistema	3	3	0	10	6	10	Tempo
	Trasformação	3	3	3	10	6	13	
	Implicação	3	3	3	10	6	13	
						18	36	01:08
Fase 2								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Total	N2
N2	Sistema	3	3	3	10	6	13	Tempo
	Trasformação	3	3	3	10	6	13	
	Implicação	1	1	1	10	2	11	
						14	37	01:25
Fase 3								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Total	N1
N1	Sistema	3	3	3	10	6	13	Tempo
	Trasformação	3	3	3	10	6	13	
	Implicação	3	3	3	10	6	13	
						18	39	01:53
Fase 4								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Total	N3
N3	Sistema	3	3	3	8	6	11	Tempo
	Trasformação	3	3	3	8	6	11	
	Implicação	3	3	3	8	6	11	
						18	33	04:10

A fim de melhor compreender a tabela de pontuação temos a seguinte estrutura explicativa a seguir:

- **ID –** Variável de identificação do nível de complexidade da fase atual.
- **N1, N2, N3 –** Representam qual categoria de complexidade a atividade pertence. Considerando o N1 o mais básico e N3 o mais complexo.
- **Dimensões –** Sequência de características assumidas pelos desafios do jogo.
- **Plan. Suc. –** Atividades que envolvem Planejamento Sucessivo.
- **Plan. Sim. –** Atividades que envolvem Planejamento Simultâneo
- **Atenção Suc. –** Atividades que envolvem Atenção Sucessiva.
- **Atenção Sim. –** Atividades que envolvem Atenção Simultânea.
- **Plan. Total. –** Pontuação total referente ao aspecto Planejamento.
- **Atenção Total –** Pontuação total referente ao aspecto Atenção.

Em relação à qualidade das respostas, estas foram obtidas a partir dos crivos existentes em cada atividade. Por isso é possível notar uma configuração na tabela que varia de 0 à 3 nas colunas referentes ao Planejamento Sucessivo e Simultâneo e Atenção Sucessiva. Já o que diz respeito à Atenção Simultânea a escala muda variando de 0 à 10 por se tratar de atividades que consideram a capacidade do jogador de assimilar os desafios mais os ricos apresentados pelo cenário que podem causar-lhe danos. Deste modo, esta variação de 0 à 10 reflete exatamente a variação dos danos sofridos pelo jogador ao tentar resolver os problemas.

O participante 1 apresentou um bom desempenho embora tenha cometido um equívoco zerando uma atividade de Atenção Sucessiva. Esta atividade foi a primeira que o participante tentou desenvolver, ele explorou pouco o cenário antes de iniciar as tentativas de resolução. Mas se considerarmos o desempenho posterior deste jogador, podemos entender que este erro estava mais relacionado ao fato do participante ainda não ter compreendido a regra generativa do jogo. Uma vez tendo entendido como o ambiente tendia a se comportar o jogador não encontrou grandes problemas para prosseguir. Em um segundo momento, na Fase 4 este participante teve problemas no aspecto de Atenção Simultânea que, como já explorado anteriormente, são atividades que exigem concentração para resolver os problemas sem que sofra danos não letais durante a trajetória.

A fim de realizar uma comparação entre os participantes 1 e 2, a seguir temos a tabela de pontuação do participante 2, que apresentou um processo de desempenho diferente.

Tabela 8 – Resultados Participante 2

Fase 1								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Tota	N1
N1	Sistema	1	0	0	10	1	10	Tempo
	Trasformação	1	1	0	10	2	10	
	Implicação	3	3	3	10	6	13	
						9	33	03:09
Fase 2								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Tota	N1
N2	Sistema	3	3	3	10	6	13	Tempo
	Trasformação	3	3	3	10	6	13	
	Implicação	3	3	3	10	6	13	
						18	39	3:60
Fase 3								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Tota	N3
N1	Sistema	3	3	3	10	6	13	Tempo
	Trasformação	1	1	0	10	2	10	
	Implicação	3	3	3	10	6	13	
						14	36	2:90
Fase 4								
ID	Dimensões	Plan. Suc.	Plan. Sim.	Atenção Suc.	Atenção Sim.	Plan. Total	Atenção Tota	N2
N3	Sistema	3	3	0	9	6	9	Tempo
	Trasformação	3	3	3	8	6	11	
	Implicação	3	3	3	8	6	11	
						18	31	4:60

Observando os resultados do Participante 2 é possível notar que este teve um pouco mais de dificuldade para realizar as tarefas e gastou um pouco mais de tempo para finalizar as salas. Segundo os sensores internos do jogo este tempo gato pelo participante 2 se deu pelo fato dele ser um explorador. Mesmo após resolvendo as questões ele percorria pela sala a fim de verificar se não havia mais alguma atividade a ser feita.

Algo importante aconteceu na Fase 2, se observar bem é possível notar que ele o jogador conseguir acertar todas as atividades sem problemas. Esta era uma atividade de nível básico - N1. Assim que o algoritmo detectou este ocorrido ele evoluiu drasticamente para uma fase de nível N3 ignorando completamente os jogos de N2. Este salto objetivou encontrar um ponto de estabilidade ao acompanhar o perfil evolutivo do jogador.

Ao avançar para a Fase 3 com nível N3 ficou notório que o participante não teve dificuldades com a variação semiótica, pois o tempo de compreensão foi relativamente baixo

quando comparados com os anteriores. Porém, sentiu dificuldades para resolver as atividades de Planejamento Simultâneo e Sucessivo e de Atenção Sucessiva. Deste modo, ele obteve uma redução de pontuação, o que fez com que o Sistema evoluísse novamente assumindo uma fase 4 com um nível N2.

6.2 Evolução com base no desempenho

Esta aplicação resultou em dados iniciais que foram capazes de alterar o sistema de inteligência artificial do jogo e retornar um desenho diferente de desempenho. A partir de uma representação visual dos avanços dos participantes temos os seguintes grafos do processo evolutivo na Figura 37 e Figura 38 :

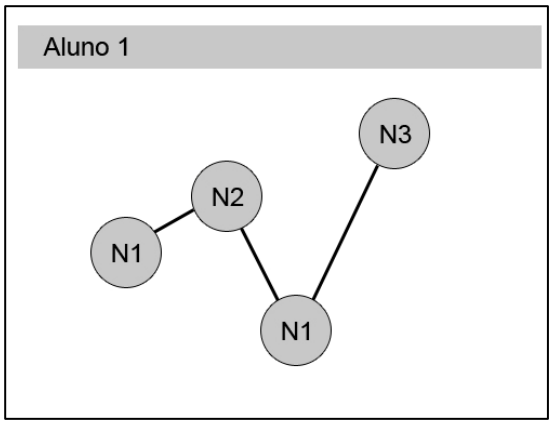


Figura 37 – Grafo do processo evolutivo do participante 1

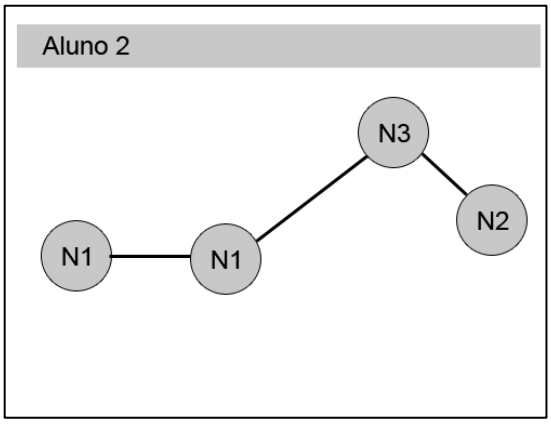


Figura 38 – Grafo do processo evolutivo do participante 2

O grafo de desempenho do participante 1 demonstra que a segunda fase jogada já apresentava um nível superior ao primeiro, no entanto, devido ao seu desempenho nesta fase N2 o algoritmo retrocedeu um nível ao avançar para a terceira fase. Como já apresentado neste trabalho, isso aconteceu para que o sistema se ajustasse à velocidade de desempenho do jogador. Assim que o participante 1 alcançou o maior nível de complexidade N3, notou-se que ele sentiu dificuldade para resolver as questões referentes ao Planejamento Simultâneo e Sucessivo e não foi capaz de se manter equilibrado o suficiente para resolver mais de um problema ao mesmo tempo na fase, resultando também em uma pontuação baixa no aspecto Atenção Simultânea. Por estes motivos, se ele jogasse uma fase 5, a inteligência artificial decidiria reduzir um nível de complexidade a fim de possibilitar a retomada de controle da situação por um instante.

Observando o grafo do Participante 2, o primeiro fator visível é que o sistema precisou se certificar de que o jogador estava apto a prosseguir, desta forma, a segunda fase do jogo permaneceu no mesmo nível de complexidade N1. Em seguida, por conta do incrível desempenho deste jogador, o jogo deu um salto considerável para uma fase de nível N3. Como esperado, o jogador encontrou dificuldades para resolver as questões e, por consequencia, o jogo retornou um nível carregando então atividades de complexidade N2. Observe que, neste momento o jogador apresentou um bom desempenho em N2, isso pode ser um indicativo de que este participante não mais voltará a jogar fases de nível N1 porque, por natureza, ele já está em nível N2 em fase de transição para um N3

Estes grafos são também uma representação macro e bastante resumida da Assinatura Cognitiva dos indivíduos contendo indícios de como eles percorreram e se comportaram no cenário. Mas ainda assim é uma assinatura cognitiva vaga. Deste modo, é válido apresentar os dados capturados pelos sensores inteligentes do sistema.

As Tabelas a seguir mostram de forma objetiva a sequência das ações dos jogadores 1 e 2 respectivamente.

Tabela 9 – Sequência do Participante 1 na fase 1

Jogo 1	
Registro da sequência das ações	**Tempo (Seg)**
Visualizou os relógios na parede	14
Primeira ação: Pegou moeda	15
Checou os relógios na parede	20

Encontrou o Cofre e inseriu as horas dos relógios na senha	25
Visualizou o Telão 2	30
Inseriu valor aleatório na sequência dos códigos Telão2	40
Pegou a Engrenagem sobre a caixa	42
Visualizou o Telão 1	45
Visualizou a dica na parede com a solução para o Telão 1	50
Visualizou o Telão 1	55
Visualizou a dica na parede com a solução para o Telão 1	58
Visualizou o Telão 1 e Inseriu a sequência correta	65

Cada ação indica a manifestação de algum ou alguns processos cognitivos, no entanto, o conjunto dessas ações apontam para um significado mais intenso. Desta forma, apenas para exemplificar, vamos observar a Tabela 9 de maneira geral. O jogador visualizou o relógio na parede, mas não se voltou para ele. Antes, o jogador foi atraído pelo objeto "moeda" que estava no cenário. Mas em seguida ele retorna imediatamente para o relógio, ou seja, ele havia notado que os relógios na parede possuíam alguma serventia, que não estavam ali apenas de enfeite. Ou seja, o processo de Atenção Simultânea dá seu primeiro indício. Em seguida, sua percepção o induz a adicionar as horas do relógio como senha do cofre. Neste momento o jogador conseguiu assimilar a regra generativa da atividade. Ele percebeu que os desafios estão interligados e que, normalmente, para solucionar um problema é necessário observar outros objetos de maneira simultânea.

Tabela 10 – Sequência do Participante 1 na fase 2

Jogo 2	
Registro da sequência das ações	**Tempo (Seg)**
Checou as dicas na parede referentes ao Telão 1	10
Verificou o Telão 1 e inseriu a sequência Aleatória dos códigos	13
Verificou a placa numérica na parede (dica para o Telão 2)	24
Verificou o Telão 2	30
Verificou a placa numérica na parede (dica para o Telão 2)	35
Verificou o Telão 2 e inseriu o valor correto	42
Verificou a Mesa central e acertou o desafio	67
Verificou a dica na parede referente ao Telão 1	70
Verificou o Telão 1 e inseriu a sequência correta dos códigos	75

Tabela 11 – Sequência do Participante 1 na fase 3

Jogo 3	
Registro da sequência das ações	**Tempo (Seg)**
Checou Telão 2	6
Saiu da sala	15
Voltou para a Sala	20
Verificou o Objeto Distrator	33
Checou Telão 1	40
Checou o Objeto Distrator	45
Visualizou a Dica na parede referente ao Telão 1	48
Verificou o Objeto Distrator	52
Visualizou a Mesa Central	55
Acertou a Atividade da Mesa Central	58
Verificou a Dica para o Telão 1	68
Tornou a checar o objeto Distrator	83
Verificou Telão 1	88
Inseriu a resposta correta na atividade do Telão 1	92

Tabela 12 – Sequência do Participante 1 na fase 4

Jogo 4	
Registro da sequência das ações	**Tempo (Seg)**
Sofreu 3 danos não letais enquanto caminhava pelo cenário sem realizar ações relevantes	70
Visuzlizou o Telão 1	72
Pegou a Moeda assim que a avistou	80
Checou Telão 2	86
Verificou Telão 3	89
Verificou dica para Telão 2	93
Tornou ao Telão 2 e inseriu metade da resposta	103
Tornou a checar a dica para o Telão 2	108
Voltou ao Telão 2 e inseriu a outra metade da resposta	110
Visualizou o Telão 1	123
Inseriu a sequência correta no Telão 1	133
Visualizou a mesa central	142
Ainda visualizando a Mesa Central - Sem reação	214
Visualizou o Telão 3	220
Ainda visualizando o Telão 3 - Sem reação	245
Inseriu a resposta correta no desafio Telão3	246

Tabela 13 – Sequência do Participante 2 na fase 1

Jogo1	
Registro de ações	**Tempo (seg)**
Visualizou Telão 1	9 à 20
Pegou Item “Engrenagem”	23
Visualizou o Cofre	25
Visualizou a Mesa Central	29
Opção incorreta na atividade da mesa (2)	40
Verificou o Telão 2	62
Inseriu a sequência correta no Telão 2	72
Visualizou o Cofre	84
Visualizou o Telão 1	111
Inseriu a mesma imagem na sequência do Telão 1 - Incorreto	142
Inseriu o Item “Engrenagem no Maquinário	200
Visualizou a Dica para o Telão 1	210
Verificou Telão 1 e Corrigiu a sequência inserida	235

Tabela 14 – Sequência do Participante 2 na fase 2

Jogo2	
Registro de ações	**Tempo (seg)**
Verificou a Mesa Central e Inseriu a resposta esperada	10
Visualizou a dica referente ao Telão 2	12 à 16
Verificou o Telão 2 e inseriu a resposta desejada	31
Verificou o Objeto Distrator	34
Verificou Telão 1	60
Inseriu a resposta esperada no Telão 1	80
Vagou pela sala sem ações significativas	140
Verificou o Objeto Distrator	142 à 220

Tabela 15 – Sequência do Participante 2 na fase 3

Jogo3	
Registro de ações	**Tempo (seg)**
Verificou a Mesa Central	1 à 14
Verificou Telão 2	16
Insere a resposta esperada no Telão 2	23
Verificou o Telão 1	32
Inseriu a resposta esperada no Telão 1	39
Saiu da sala	58
Retornou à sala	71
Verificou a Mesa Central	95
Verificou um Objeto Distrator	130 à 158
Verificou a Mesa Central	160
Inseriu resposta não esperada na atividade Mesa Central	174

Tabela 16 – Sequência do Participante 2 na fase 4

Jogo4	
Registro de ações	**Tempo (seg)**
Sofreu 1 dano não letal	5
Entrou na sala	27
Visualizou a dica referente ao Telão 2	29
Verificou a Mesa Central	48 à 81
Pegou os dois únicos itens do cenário assim que os avistou	88
Verificou Telão 1	90
Inseriu a resposta esperada no Telão 1	105
Visualizou a dica referente ao Telão 2	120
Verificou Telão 3	125
Inseriu resposta não esperada no Telão 3	185
Verificou Telão 2	190
Visualizou a Dica referente ao Telão 2	192
Verificou o Telão 2	197
Inseriu metade das respostas esperadas no Telão 2	200
Visualizou a Dica referente ao Telão 2	205
Verificou e inseriu mais uma resposta no Telão 2	230
Visualizou a Dica referente ao Telão 2	235
Verificou e inseriu a última resposta que faltava no Telão 2	280

Considerando este conjunto de ações tanto do participante 1 quanto do participante 2, independente das pontuações finais, observa-se que o estilo de trajetória realizada por ambos, bem como o tempo para realização das tarefas são diferentes. Isso aponta para um aspecto que será abordado em trabalhos futuros, que é o sistema de identificação de grupos por padrões de desempenho similares ou padrões de assinaturas cognitivas equivalentes. Nesta aplicação, foi possível registrar processos de desenvolvimento e detectar que de fato o sistema se ajusta segundo o perfil do usuário seja no sentido evolutivo seja no sentido retrogrado. Tudo dependerá das respostas do jogador.

6.3 Considerações finais

Como previsto pelo modelo computacional os participantes interagiram com um sistema lúdico que se iniciou com o mesmo nível de complexidade para ambos, porém, com o passar do tempo, as fases foram surgindo de maneira diferente e não sequencial. Isso ocorreu porque cada estágio seguinte é definido com base no último resultado de desempenho do jogador. Os aspectos de evolução e adaptação inicial ocorreram de maneira objetiva permitindo detectar em poucos passos o ato de evolução e retrocesso de um nível caracterizando o aspecto adaptativo do modelo.

O jogo que foi desenvolvido para compor esta pesquisa respondeu as expectativas esperadas em relação aos aspectos de evolução e adaptação, no entanto, como relatado no Capítulo 7.2, as limitações e complicações tecnológicas influenciaram bastante no fator de estabilidade do sistema, que por sua vez, gerou um aumento significativo no prazo de desenvolvimento. Mas mesmo assim, ainda que com resultados oriundos de dois participantes, já foi possível coletar dados que permitiram observar registros iniciais da característica evolutiva e adaptativo do jogo. Futuramente, este jogo será atualizado e reaplicada em uma escala maior, isso significa maior número de participantes e maior número de atividades.

De modo geral, o desempenho do sistema baseado no modelo computacional aqui proposto, acabou retornando resultados interessantes bem antes do esperado. Com três ou quatro fases jogadas já foi o suficiente para notar a estrutura do algoritmo agindo sobre o progresso dos participantes.

O que diz respeito ao desempenho dos participantes, este pode ser considerado bastante

interessante do ponto de vista computacional por possibilitar reações diferentes no sistema com poucas interações. Os resultados em geral tiveram sinais de redução e perda de pontos, como também, houve a recuperação dos mesmos com a ajuda do processo adaptativo. Então, o que ocorre é que houve uma parceria do sistema com os jogadores. Esta parceria impediu que os participantes fracassassem, mas é importante notar que o fato do sistema ter se ajustado e de certa forma ajudado o jogador, o jogo não deixou de elevar o nível de complexidade logo que o jogador retomava o controle da situação. Ou seja, o sistema adaptativo respeitou o tempo de que o participante necessitou para compreender as regras exatamente como previsto pelo modelo computacional.

CAPÍTULO 7 – Considerações finais e trabalhos futuros

"A educação, qualquer que seja ela, é sempre uma teoria do conhecimento posta em prática."

Paulo Freire

Neste capítulo é apresentado o resumo da pesquisa descrita nesta dissertação, explicitando as suas contribuições, problemas encontrados ao longo do desenvolvimento e sugestões para trabalhos futuros.

7.1 Considerações

Esta pesquisa iniciou-se a partir da observação realizada sobre os sistemas de avaliação de funções cognitivas apresentados no Capítulo 1.5, e de seus esquemas de atribuição de pontos em relação ao desempenho do indivíduo. Notou-se que a forma como a pontuação é atribuída ao participante do teste possui uma relação direta com a capacidade que o indivíduo tem de resolver ou não determinado desafio. Além disso, as atividades são apresentadas sequencialmente de maneira prevista pelo aplicador dos testes, ou seja, a sequência como os desafios são apresentados nunca mudam. Sendo assim, como tentativa de tornar os sistemas de avaliação cognitiva mais flexíveis, cujas fases não sejam previsíveis, esta pesquisa propôs a elaboração de um Modelo Computacional que contemple os aspectos:

Adaptativo → A fim de que as fases se ajustem ao nível e a velocidade de desempenho do participante.
Evolutivo → A fim de que o sistema de avaliação possua a flexibilidade necessária para avançar ou retroceder no nível de complexidade considerando o desempenho do indivíduo. Normalmente, alguns jogos depois de serem jogados entram em um estágio de saturação. Com isso, o jogo passa a ser um conjunto de repetição altamente previsível fazendo com que o jogador aprenda a estrutura lógica completa do jogo. Sendo assim, se este jogo não evoluísse não seria possível continuar a avaliar o desempenho do jogador.
Preditivo → Surge como uma proposta de tentar prever o próximo estágio em que o indivíduo se encontrará. Além disso, também possui o propósito de mapear as ações e comportamentos dentro do espaço de avaliação.

Como uma segunda medida deste Modelo Computacional, também foi proposta a elaboração de um sistema de pontuação mais refinado, que consiste na presença de um conjunto de crivos lógico matemáticos com tabelas de grau de intensidade das ações. Desta forma, as avaliações não possuem o objetivo de informar o que o indivíduo é ou não capaz de resolver em um problema específico, mas sim o potencial das funções cognitivas aqui apresentadas, que são atenção, planejamento, processos simultâneos e sucessivos. Além disso, o fator adaptativo proposto neste modelo respeita a velocidade de desenvolvimento do jogador. Em segundo

momento, esta adaptabilidade demonstra que o esquema de avaliação é realizado de maneira personalizada, pois o modelo faz uso do último resultado obtido pelo participante como valor de referência para a média esperada para os resultados dos próximos desafios.

Por fim, a proposta desta pesquisa foi gerar um Modelo Computacional adaptativo, evolutivo e preditivo que pudesse servir como uma ferramenta auxiliar para a elaboração de sistemas de avaliação cognitiva.

7.2 Problemas encontrados

Alguns desafios foram encontrados ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. No que diz respeito à criação do jogo para avaliação cognitiva, foram detectados problemas que comprometeriam toda a estrutura de coleta dos dados. A Figura 39 a seguir ilustra quatro pontos dos principais desafios encontrados ao longo do desenvolvimento.

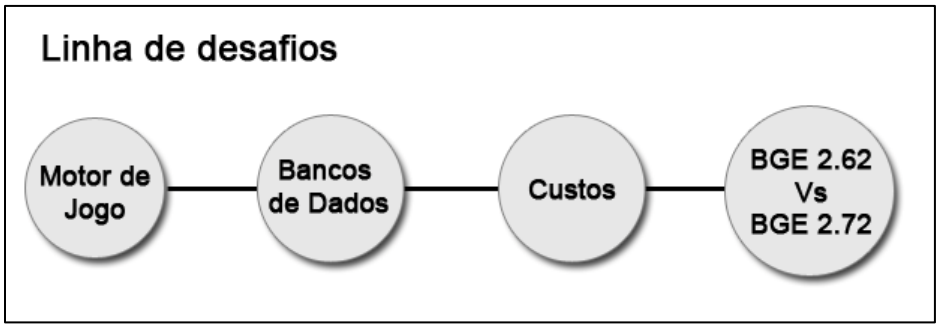


Figura 39 - Principais desafios encontrados

Atualmente há uma variedade interessante de motores de jogos disponíveis no mercado, sendo assim, é muito importante o momento da escolha do motor de jogo adequado para o que se pretende criar. Deste modo, muitos testes foram realizados com outros motores de jogos antes de escolhermos o Blender Game Engine. Alguns dos principais motores testados foram: Ogre, Unity3d, ShiVa 3D, Unreal e Cry Engine. Todos esses motores são capazes de cumprir com o objetivo de criar jogos de alto nível tanto em termos programáticos quanto em termos de qualidade visual. No entanto, alguns critérios foram adotados para a escolha do software adequado.

Primeiramente, o software escolhido precisaria permitir uma conexão segura e estável com um banco de dados, e que este processo não necessitasse de um esforço imenso de configuração. Os softwares listados anteriormente forneciam a possibilidade de conexão com banco de dados, no entanto, com um grau de complexidade que exigiria um esforço extra devido às dificuldades para a o desenvolvimento ou devido às limitações impostas pelas licenças. Outro fator considerado para a escolha do motor de jogo foi a linguagem de programação. Demos preferência pelo software que fizesse uso do Python por dois motivos, primeiro por possuir módulos interessantes como Pybrain, que é um módulo voltado para implementação de máquinas de aprendizagem e o NumPy, que é um módulo que permite trabalhar com ferramentas de geração de números aleatórios. O segundo motivo se deu pelo fato da linguagem Python ser conhecida por parte dos desenvolvedores. Sendo assim, o Blender Game Engine se mostrou um sofware mais adequado por oferecer até mais possibilidades de trabalho do que o esperado. Por exemplo, além do motor de jogo do Blender funcionar com Python ele permitiu que todo o cenário e personagens pudessem ser modelados e animados dentro dele sem exigir o auxílio de ferramentas ou software externos pra isso. Tal tarefa que não é possível de ser realizada com os demais softwares já citados aqui.

Juntamente com a escolha do motor de jogo a decisão sobre qual banco utilizar surgiu automaticamente, pois cada software já apresenta em sua documentação quais bancos são aceitos pela ferramenta. Neste caso, o Blender permite a conexão com banco SQLite via python.

Além dos esforços de programação houve uma preocupação em trabalhar com programas que fornecessem um melhor custo benefício. Assim, mais uma vez, o Blender se destacou neste quesito por ser um software livre. Embora o Ogre 3d também fosse um software livre, três aspectos internos do Ogre foram entendidos como potenciais fatores que poderiam comprometer a velocidade de desenvolvimento do jogo, que são: O fato de aceitar apenas C++, que é uma linguagem de programação diferente da trabalhada pela equipe de desenvolvimento. O segundo, pela complexidade existente em sua estrutura para gerar ambientes tridimensionais. Por fim, quando comparado ao Blender, o Ogre3d possui um acervo de tutoriais infinitamente menor.

O último desafio deste trabalho foi conseguir identificar a melhor versão do Blender que nos permitisse realizar a conexão correta entre o Blender e o Sqlite. Primeiramente, é válido ressaltar que as atualizações do Blender são feitas pela comunidade que o mantém ativo junto à *Blender Foundation*. A vantagem disso é que muitas melhorias ocorrem dentro do software ao

longo do ano, mas notamos que a principal desvantagem é que muitos erros novos acabam surgindo de uma versão para outra. Como exemplo, podemos citar o sistema de animação que funciona na versão 2.62 não funciona na versão 2.63. Tivemos problemas em relação a isso, pois quando o defeito de uma versão era corrigido outras complicações surgiam. Porém, mesmo assim, a velocidade com que os defeitos são corrigidos pela comunidade e pela quantidade de materiais disponibilizados por entusiastas na internet tornou o Blender um software adequado para este trabalho.

Devido ainda as complicações das versões do Blender, o processo de criação do banco foi bastante desafiador. Teoricamente, uma conexão com o Sqlite via Python não é algo difícil. No entanto, essa conexão é feita de dentro do motor do Blender, que por sua vez, possui uma forma específica pra interagir com o Python e arquivos externos. Com isso, dependendo das variáveis que se use, o Blender Game Engine simplesmente não funciona e não retorna o tipo de erro ocorrido mesmo que a sintaxe do Python esteja correta.

A fim de corrigir os problemas internos do Blender Game Engine este projeto fez uso das duas versões que melhor apresentaram estabilidade, que foram as versões 2.62 e a 2.72. Em seguida, desenvolvemos um scritpt que é aceito pela versão 2.72 que cria o banco e as tabelas dentro do SQlite3.

O último ponto que foi considerado um problema foi o fato do Blender de não ter documentação forte voltada para a relação entre BGE e SQLite3. Isso fez com que nos interessássemos também em disponibilizar este script para a comunidade de Blender a fim de ajudar futuros pesquisadores em seus projetos.

7.3 Trabalhos futuros

Através desta pesquisa, mais precisamente do desenvolvimento do jogo, uma experiência importante foi adquirida em relação a dois aspectos: Primeiro em relação ao processo desenvolvimento de um ambiente tridimensional para avaliação cognitiva. Segundo, pelo fato de que a pesquisa acabou solucionando problemas derivados das versões do Blender e que acabou culminando em uma nova rota de solução para uma possível futura versão deste trabalho. Estes aspectos atrelados ao desempenho do sistema que fez uso do Modelo Computacional contribuíram diretamente para fator motivação que nos instiga a dar continuidade ao estudo.

Em um primeiro momento, como trabalhos futuros, alguns objetivos puderam ser traçados:

- Desenvolver e aplicar o aspecto Preditivo do Modelo Computacional no jogo desenvolvido.
- Trabalhar sobre a possibilidade de disponibilizar este sistema de avaliação cognitiva via Internet. O que permitiria avaliar um número de participantes realmente significante.
- Automatizar o sistema de identificação e seleção de grupos que possuem assinaturas cognitivas semelhantes.
- Ampliar significativamente o número de fases do jogo de modo que seja possível aumentar a amostra populacional observada.
- Rever o sistema de coleta dos dados a fim de aperfeiçoar as estratégias de captura.

Estes objetivos iniciais são propostas viáveis de acordo com a experiência adquirida ao longo do processo de desenvolvimento desta pesquisa.

Uma proposta interessante a ser explorada futuramente é fazer uso deste modelo para montar jogos que avaliem o perfil de candidatos para uma determinada posição profissional que exija características específicas.

A partir de um ponto de vista mais amplo, este trabalho não se obriga a continuar com as mesmas ferramentas, ou seja, de acordo com os avanços tecnológicos que ocorrem constantemente dentro dos softwares de desenvolvimento de jogos, se futuramente houver uma ferramenta que possa ser agregada ao projeto de modo que este possa ser aperfeiçoado em termos de eficiência computacional, então, certamente será considerada.

Referências bibliográficas

ADAMS, Ernest. **Fundamentals of game design**. 2nd Edition; New Riders, 2009.

ASHMAN, Adrian F.; CONWAY, Robert N. F.. **An introduction to cognitive education: theory and applications**. Routledge 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE, 1997.

ANDRADE, Leila Cristina Vasconcelos; LIMA, Josefino Cabral Melo; CARVALHO, Luiz Alfredo Vidal; OLIVEIRA, Carlo Emannoel Tolla; CRUZ, Adriano Joqauim de Oliveira; MATOS, Paulo; VELASQUE, Luciane de Souza; GRIECO, Bruno; BASTOS, Angela; SANTOS, Fábio. **Avaliação cognitiva utilizando técnicas inteligentes e um jogo computacional.** XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Florianópolis - SC - 2009, ISSN: 2176-4301.

BANDURA, Albert; AZZI, Roberta Gurgel; POLYODORO, Soely Aparecida Jorge; COSTA, Anna Edith Bellico; OLAZ, Fabian; IGLESIAS, Fabio; PAJARES, Frank. **Teoria social cognitiva: conceitos básicos**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

BEURMANN, Vera Maria. **Educação personalizada e comunitária: Um excelente caminho para inovar a prática educativa**. Revista Recrearte, Nº 7 Julio 2007 - ISSN: 1699-1834.

BOJADZIEV, George; BOJADZIEV, Maria. **Fuzzy sets, Fuzzy logic, applications. Advances in fuzzy systems — Applications and Theory: Volume 5**. Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1996.

BRICKENKAMP, Rolf. **Teste D2 - Atenção Concentrada - Kit Completo**. Editora Brochura, 2ª Edição, 2000.

BURGEMEISTER, Bessie B.; BLUM, Lucille Hollander; LORGE, Irving. **Escala de Maturidade Mental**. Editora Casa do Psicólogo, 3ª Edição, 2001.

COMREY, Andrew L.. **Joy Paul Guilford**. National Academy of Sciences Washington D.C., 1993

EIBEN, A.E.; SMITH, James E.. **Introduction to Evolutionary Computing (Natural Computing Series).** Natural Computing Series, Springer, 2010.

FAURE, Pierre. **Ensino personalizado e Comunitário**. Edições Loyola, São Paulo, Brasil, 1993.

FREIRE, Paulo. Pedagogia **da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. Paulo Freire. – São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GUILFORD, J. P.. **The Nature of Human Intelligence**. McGraw-Hill; First Edition (July 1967).

HARDY, Joseph; SCANLON, Michael. **The Science Bihind Lumosity**. Lumos Labs, Inc 2009.

HEATON, Robert K.; CHELUNE, Gordon J.; TALLEY, Jack L.; KAY, Gary G.; CURTIS, Glenn. **Wiscosin – Jogo de Cartas**. Editora Casa do Psicólogo, 1ª Edicação, 2005.

JOHNSTON, Matthew; CARPENTER, Angela; HALE, Kelly. **Retest Reliability of CogGauge: A Cognitive Assessment Tool for SpaceFlight**. Springer, 2011.

JOHNSTON, M. R.; MACNEIL, M.; CARPENTER, A.; HALE, K. S..**DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A GAME BASED COGNITIVE ASSESSMENT TOOL**. NASA Human Research Program Investigators' Workshop, 2012.

KLEIN, Pedro Antonio Trierweiler; WEBER, Leo. **Aplicação da Lógica Fuzzy Em Software Hardware**. Editora Ubra; 1ª edição, 2003.

LIORET, Alain. **Blender AI : Artificial Intelligence in Blender**. Université Paris 8, 2010.

LENGEL, James. **Education 3.0: Seven Steps to Better Schools**. Published by Teachers College Press; 1 edition, 2012.

LURIA, Alexander Romanov. **Luria's Theory of Brain Functioning: A model for Research in Cognitive Psychophysiology**. Educational Psychologist, 27(4), 493-511.

LURIA, A. R. **Fundamentos da Neuropsicologia.** Traduzido por Juarez Aranha Ricardo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981.

MARQUES, C. V. M. **Níveis semióticos: graus de transparência iconográfica das representações.** Rio de Janeiro: NCE/UFRJ, 2011. 2p.

MITCHELL, Briar Lee.**Game Design Essentials**. John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana, 2012.

MITCHELL, Melanie. **An introduction to Genetic Algorithms.** A Bradford Book; Third Printing edition, 1998).

NAGLIERI, Jack A.; DAS, J. P.. **Cognitive Assessment System. Riverside** , 1997.

OKUHATA, S.T.; OKAZAKI, S.; MAEKAWA, H. **Differential topographic pattern of EEG coherence between simultaneous and successive coding tasks**. International Journal of psychophysiology, 2007..

O'REILLY, Randall C; MUNAKATA, Yuko. **Computational Explorations in Cognitive Neuroscience: Understanding the mind by Simulating the Brain**. A Bradford Book, 2000.

PEIRCE, Charles S. **Semiótica**. Editora: Perspectiva; Edição: 4ª , 1999.

REEVES, Dennis L.; WINTER, Kathryn P.; BLEIBERG, Joseph; KANE, Robert L.. **ANAM® Genogram: Historical perspectives, description, and current endeavors**. Archives of Clinical Neuropsychology 22S (2007) S15–S37, 2007.

REY, Andre. Figuras **Complexas de Rey - Bloco de resposta figura A**. Editora Testes - Casa do Psicólogo, 1ª Edicação, 2010.

ROUGE, Richard. **Game Design: theory & practice / by Richard Rouse III**. Wordware Publishing, Inc., 2nd ed., 2005.

RUEDA, Fabián Javier Marín. **Teste de atenção dividida (TEADI) e teste de atenção alternada (TEALT)**. Editora cada do Psicólogo, 2nd ed., 2013.

SCALON, Michael; DRESCHER, David; SARKAR, Kunal. **Improvement of Visual Attention and Working Memory through a Web-based Cognitive Training Program**. Lumos Labs, Inc - 2007.

SANTAELLA**,** Lúcia; NOTH, Winfried. **Imagem: Cognição, Semiótica, mídia.** Editora Iluminuras, 2010.

SANTAELLA, Lúcia e Noth, Winfried. **Imagem: Cognição, semiótica e mídia.** 1 ed. 5. Iluminuras, 2008.

SHIMAMURA, Arthur P..**Aesthetic Science Connecting Minds, Brains and Experience.** Oxford University, S. E. (Eds.) (2012).

STENBERG, Daniel A.; HARDY, Joseph L.; KATZ, Ben; BALLARD, Kacey; SCANION, Michael. **The Brain Performance Test: Preliminary findings of transfer from cognitive training to a repeatable, dynamically generated assessment.** Society for Neuroscience meeting, 2012.

TRAPPENBERG, Thomas. **Fundamentals of Computational Neuroscience**. Oxford University Press; 2 edition, 2010.

YZERBYT, Vicent Y. A.; LORIES, Guy; DARDENNE, Benoit. **Metacognition: Cognitive and Social dimensions**. SAGE Publications Ltd, 1998

WOODCOCK, Johnson; McGREW, Kevin S.; MATHER, Nancy. **Woodcock-Johnson III Normative Update (NU) Complete.** Reverside Publishing, 2001.

WECHSLER, David. **WISC-IV - Escala Wechsler de Inteligência para Crianças - Kit**. Editora cada do Psicólogo, ed 1, 2013

WECHSLER, David. Escala **Wechsler Abreviada de Inteligência - WASI - Cubos**. Editora cada do Psicólogo, ed 1, 2014.