



Fio Condutor Microgenético: uma técnica para a mediação metacognitiva em jogos computacionais

Microgenetic Wire Conductor: a technique for metacognitive mediation in computer games

Myriam Kienitz Lemos

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Programa de Pós-Graduação em Informática
myriam.lemos@ppgi.ufrj.br

Claudia L. R. Motta

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Programa de Pós-Graduação em Informática
claudiam@nce.ufrj.br

Carla Verônica M. Marques

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas
Computacionais
carlaveronica@nce.ufrj.br

Carlo E. T. de Oliveira

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas
Computacionais
carlo@nce.ufrj.br

Maira Fróes

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas
Computacionais
Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia
froes@hcte.ufrj.br

José Otávio Pompeu e Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas
Computacionais
joseotavio@nce.ufrj.br

Resumo

O estudo tem como objetivo apresentar o Fio Condutor Microgenético, uma ferramenta para a mediação metacognitiva em jogos computacionais. Aplicou-se em crianças entre 9 e 10 anos dois jogos em material manipulável com conteúdos escolares pertencentes às ciências matemáticas. Os resultados obtidos com a aplicação dos jogos manipuláveis foram usados para a implementação de algoritmos nas versões computacionais. Os dados gerados mostraram avanços cognitivos identificados através do surgimento de Esquemas Inovadores (Inhelder [6]) durante a resolução dos problemas nos jogos. Apresentamos indícios de que o aprendizado está desvinculado de estágios cronológicos pré-definidos como defendia Piaget. Em nossos resultados verificamos que conteúdos que exigem raciocínio matemático complexo e que são esperados com mais de 12 anos na fase de operações formais de raciocínio abstrato (Piaget [17]), podem ser aprendidos e consolidados por crianças mais novas na faixa entre 9 e 10 anos.

Palavras-Chave: metacognição – microgêneses cognitivas – jogos computacionais- matemática

Abstract

This study aims to present the Microgenetic Conductor Wire, a tool for metacognitive mediation in computational games. We present the preliminary results of application of this method taking two games provided with educational content belonging to the mathematical sciences and developed onto concrete material, in children between 9 and 10 years. The data generated showed cognitive improvements identified by the emergence of Innovative Schemes (Inhelder [6]) for the resolution of problems in games. We present evidence that learning is disconnected from predefined chronological stages as Piaget argued. Our results verified that content requiring complex mathematical reasoning and that are expected with over 12 years in the formal operations stage of abstract reasoning (Piaget [17]), can be learned and consolidated by younger children in the range between 9 and 10 years.

Keywords: metacognition – cognitive microgenesis– computational games – games- mathematic

1 Introdução

O objetivo geral desta pesquisa consiste em apresentar o estudo-piloto da aplicação de dois jogos manipuláveis – *Jogo dos Elásticos* e *Jogo da Vassoura* utilizando a técnica do *Fio Condutor Microgenético* visando testar sua eficácia para o aprendizado metacognitivo. Para isso descrevemos o processo de levantamento de requisitos e o desenvolvimento de algoritmos computacionais que subsidiaram a construção das heurísticas propostas para a mediação automatizada na versão computacional dos jogos. Conclui-se com resultados preliminares em relação a aquisição de conhecimentos de conteúdos matemáticos inseridos nos jogos, pelas crianças de 9 e 10 anos que participaram da pesquisa.

Marques [14] psicóloga brasileira define a técnica do Fio Condutor como um processo no qual o sujeito tomara posse de sua cognição na medida em que enfrenta desafios propostos, tornando seu conhecimento tácito em explícito, viabilizando a ocorrência de saltos cognitivos durante a aprendizagem.

Inhelder [6] psicóloga suíça, colaboradora e continuadora dos estudos de Jean Piaget define as microgêneses cognitivas como funções que permitem compreender melhor a dinâmica do progresso global das crianças, apoiando-se em análises finas das condutas efetivas da criança no momento da resolução de problemas específicos, ao se aplicar conhecimentos e estruturas assimilativas a contextos particulares. Inhelder [7] destaca que através de jogos pode-se ensinar, por exemplo, o raciocínio probabilístico muito antes que a criança aprenda as técnicas do cálculo das probabilidades ou as formais expressões da teoria da probabilidade. Para Inhelder [7] os conceitos básicos em matemática e ciências devem ser introduzidos em crianças dos sete aos dez anos senão essas crianças podem ficar apartadas desses tradicionais contextos matemáticos. Complementarmente Lopes [11] afirma

É preciso deixar de considerar que o ensino de matemática deve levar o aluno a escrever fórmulas e fazer cálculos que não têm para ele qualquer significado. O fundamental é capacitá-lo a tomar decisões conscientemente, saber argumentar, expressando com lógica o seu pensamento a fim de torná-lo um cidadão crítico, criativo e autônomo.

Entendemos a cognição como uma função mental superior (Luria[12;13]), englobando percepção, atenção, pensamento, linguagem e memória. Neste trabalho priorizamos o estudo da cognição com vistas a atingir a análise de resultados referentes a aprendizagem metacognitiva.

O termo metacognição foi introduzido por Flavell [3] que em seus estudos descobriu que a criança necessitava

compreender primeiro o conceito de memória para desenvolver capacidades que lhe permitissem utilizá-la e melhorá-la. A esse conhecimento designou "metamemória". Flavell desenvolveu os conceitos de "metacognição" e "metacsciência", que consistem na apropriação por parte do indivíduo do funcionamento do pensamento e do processo de reflexão. Shimamura [23] definiu metacognição como a consciência sobre os processos cognitivos como "o saber sobre como se sabe". Propôs que na evolução do pensamento reflexivo e controlado da cognição se estrutura a lógica construtiva veiculando a aquisição de conhecimentos.

Segundo Shimamura [23], alguns fatores são fundamentais para que se ativem processos metacognitivos como a variação das condições, o fornecimento de interferências contextuais, a redução da confirmação de acertos e erros e a introdução de dificuldades ao aprendiz. Para Inhelder [6] o conhecimento deve ser apresentado por meio de situações problema que provoquem conflitos cognitivos, o que confere ao erro um status de viabilizador de novas ideias e gerador de novos conhecimentos.

A metacognição constitui-se em um caminho para promover saltos cognitivos e dar condições para a produção e o gerenciamento do conhecimento. De acordo com Kirsh [9], "a cognição e a metacognição são parte de um *continuum* e ambas são altamente interativas".

Levantamos a hipótese de que existe uma articulação entre as microgêneses e a metacognição no funcionamento da cognição humana e que o jogo computacional com um design que leve em conta as formas de propiciar saltos cognitivos podem contribuir em larga escala para o aprendizado das ciências matemáticas em consonância com a proposta do Ministério da Educação que propõe até 2021, especificamente para o ensino da matemática, atingir níveis que envolvem maior complexidade de raciocínio nos quais o sujeito demonstre capacidade de interpretar, analisar, sintetizar, inferir, relacionar, aplicar e tomar decisões sobre dados.

Nas próximas seções apresentamos nesta ordem: o Referencial Teórico, o detalhamento das fases do Fio Condutor Microgenético, a metodologia utilizada na pesquisa, a descrição dos jogos, os dados experimentais, os resultados e a discussão e as considerações finais.

2. Referencial Teórico

As microgêneses cognitivas abordam uma dupla análise da concepção construtivista da psicologia: a estrutural e a funcional. O aspecto funcional emerge do reconhecimento de mecanismos subjacentes aos procedimentos da criança no momento da resolução de problemas específicos. Isto garante a aplicação de seu conhecimento a con-

textos particulares. O aspecto estrutural está implícito no reconhecimento de estruturas assimilativas encontradas ao longo de sua atividade adaptativa. Inhelder [6] afirma que

As microgêneses tratam de definir um método que permita compreender melhor a dinâmica do progresso macrogenético, apoiando-se em análises finas das condutas efetivas da criança.

Neste modelo a interpretação é compreendida como um processo interno, construído através da gênese de tarefas vivenciadas pelo sujeito e externalizadas como comportamento expressivo ou não, denominadas microgêneses cognitivas, podendo ou não ser observável; é possível “não-agir” e ainda assim interpretar (Inhelder [6]).

A partir dos anos 70, estudiosos consideraram a metacognição como uma área específica de estudo. A princípio a metacognição era vista como o conhecimento sobre a sua cognição, incluindo sua compreensão sobre a memória (metamemória) e atenção (metatenção). Nas últimas décadas novos enfoques foram incorporados ao estudo da metacognição como o Processamento de Informação, proposto pela Psicologia Cognitiva, que sustenta a existência de um subsistema de controle responsável por monitorar, planejar e regular seus processos, ao quais na medida em que os problemas são apresentados em maior complexidade, ao longo da vida, tornam-se mais conscientes. Para esta teoria a metacognição é definida como “a capacidade de refletir conscientemente sobre os próprios processos cognitivos e metacognitivos” (Brown; Leffa *apud* Jou [8]).

Shimamura [23] afirma que para que se tenha um sistema metacognitivo são necessárias duas características críticas, uma delas trata-se da divisão dos processos cognitivos em dois ou mais níveis específicos relacionados entre si chamados, por este autor, de meta nível e objeto nível. Descreve o meta nível como um nível que contém um modelo do objeto nível implicando em uma relação hierárquica de tal forma que o meta nível pode modificar o objeto nível, mas não vice-versa. O objeto nível seria responsável por fornecer informações ao meta nível. Entre estes dois níveis haveria dois tipos de relações de domínio chamados de controle e monitoramento que trabalham de forma dinâmica na seleção das informações que são trocadas entre os dois níveis constituindo o que nomeia de Sistema Metacognitivo.

Com relação à proposição de problemas Shimamura [23] ressalta a importância deste tipo de abordagem para a ativação da memória e a recuperação de informações armazenadas semanticamente. As situações-problema que introduzem variações e/ou imprevisibilidade provocam a quebra de paradigmas e viabilizam a inovação. Por outro lado, o estudo dos processos finos de transição entre eventos ocorre em função dos participantes serem confrontados com diversas e repetidas oportunidades de situações

de aprendizagem. As modificações decorrentes são então analisadas a partir de uma dimensão temporal de efetiva transformação dos conhecimentos prévios à inovação necessária na resolução de um problema desconhecido (Inhelder [6]).

Nelson e Narens (*apud* Shimamura [23]) sugerem o desenvolvimento de pesquisa significativa sobre a aprendizagem autodirigida e os mecanismos autorreflexivos que poderiam ser usados para facilitar a aquisição e a recuperação da memória. O estudo da memória como um sistema cognitivo, envolvendo a seleção de estratégias conscientes ou não de aprendizagem, é uma parte fundamental da metacognição.

A definição atual de metacognição abarca ambas vertentes, a primeira o conhecimento sobre a cognição, sendo considerada uma fase de processamento de alto nível adquirida e ampliada pela experiência e pelo conhecimento em cada situação específica e a segunda o envolvimento do indivíduo em uma tarefa de monitoramento, autorregulação e elaboração de estratégias que potencializam sua cognição (Jou [8]).

O conceito de metacognição e a teoria das microgêneses cognitivas ressaltam a importância do mediador-observador, no desenrolar da construção do conhecimento pelo sujeito. Mendonça [15] afirma

O processo de intervenção metacognitiva favorece a interação e a mudança cognitiva de pensamento. Planejar e monitorar são estratégias que confirmam a eficácia de uma metodologia pedagógica mediada pelo diálogo.

Partindo destes pressupostos vislumbramos os desafios na inserção da mediação computacional no processo de virtualização de jogos manipuláveis. De acordo com Giraffa [4]

Projetar e implementar um bom programa para fins educacionais não é uma tarefa fácil ou trivial. Isto requer um trabalho em equipe interdisciplinar com competências diversificadas, tanto no aspecto tecnológico quanto no pedagógico. A equipe do projeto deve contemplar pessoas com habilidades complementares e uma visão histórico-contextualizada do que significa desenvolver uma aplicação educacional.

Neto e Direne [16] apresentaram resultados empíricos no campo de jogos heurísticos adversaristas. Os resultados alimentaram um arcabouço de conceitos genéricos que estruturou a versão computacional do jogo. A interface do jogo prevê o apoio ao ensino de táticas para aprendizes do Jogo de Xadrez por meio de diálogos educacionais oferecendo *feedback* (comentários) ao jogador em cada jogada.

O estudo realizado por Queiroz *et al* [18] trata do uso de uma interface educativa interativa que oferece *feedbacks* de diferentes tipos na construção de diagramas para

a resolução de problemas de Estruturas Aditivas - soma e subtração. Afirma que no processo de resolução de problemas uma interface que oferece *feedback* conceitual impacta diretamente na desconstrução de modelos pré-concebidos favorecendo a construção de novos modelos e relações em uma tarefa específica.

É inegável: os jogos computacionais ganharam o mundo nas últimas décadas. O jogo *Angry Birds* teve sozinho mais de 1,7 bilhões de *downloads* e uma comunidade ativa de mais de 260 milhões de jogadores. Conteúdos educacionais e aprendizagem fazem parte em muitos destes jogos e são responsáveis por mudanças cognitivas em uma escala global. Deste modo, entender como abarcar em jogos computacionais o aprendizado metacognitivo é um desafio para a área de informática na educação.

A técnica do Fio Condutor Microgenético, que estrutura a construção dos jogos em nossa pesquisa, fundamenta-se nas microgêneses cognitivas ao permitir a interação livre do jogador com as situações-problema e não fornecer regras de como jogar. Os registros são realizados a cada milissegundo de ação observável e não observável realizada no jogo computacional. O mediador não interfere nas elaborações do jogador, desta forma o tempo de jogo, as construções realizadas e descobertas são particulares. Interessa ao mediador observar os encaminhamentos de cada jogador. Engloba as sete fases originalmente propostas na técnica do Fio Condutor (Marques[14]) e a amplia considerando as fases de ação não observável anteriores a cada fase de ação observável. A técnica da Elaboração Dirigida, mantida no Fio Condutor Microgenético é a principal responsável pelo aprendizado metacognitivo, pois provoca pela mediação com perguntas o pensamento reflexivo. O jogador, ao buscar respostas, encontra indagações que o instiga a analisar sua trajetória cognitiva gerando um processo metacognitivo.

Na próxima seção detalharemos as dez fases da técnica do Fio Condutor Microgenético.

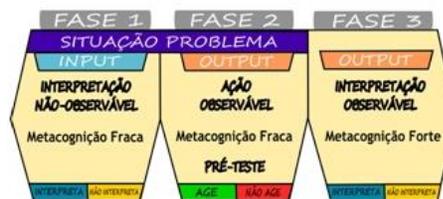
3 Fio Condutor Microgenético - fases

A técnica estrutura o jogo e, por suas características peculiares, conduz o jogador de transformações pragmáticas em epístemes (Inhelder [6]). Em um processo construtor delinea a própria trajetória cognitiva com antecipações lógicas e representações do conhecimento captadas pelas séries temporais.

A técnica agrega dois objetivos: a oferta de estímulos (*INPUTS*) e a apresentação de situações-problema através de objetos de aprendizado imbuídos de arte, cultura e ciência e a estimulação de produção de respostas na forma de elaborações (*OUTPUTS*). Tem em sua essência o movimento pendular, que consiste, por equivalência, a

avanços e retrocessos cognitivos. Ao contato com cada nova fase e problema ocorre a desestabilização das estruturas cognitivas. Deste modo, na transição entre estados de inovação e acomodação impede-se a fixação de conexões equivocadas. Esta definição encontra eco em Shimamura [23], que indica a necessidade de dificultar ao máximo o aprendizado criando uma sucessão de obstáculos para que não se caia na armadilha da resposta mais simples, que causa a sensação de se ter chegado ao acerto. Desta forma a técnica coloca em movimento o que Marques chama de “*conteúdo-processo*” em que no contato com o conhecimento embutido nos objetos e em suas relações o processo construtivo se dá quando conhecimentos prévios não resolvem o problema gerando inovação.

O Fio Condutor Microgenético possui dez fases contínuas e sucessivas de aplicação nos jogos manipuláveis, sendo que cada conjunto de três fases formam em si um conjunto de *INPUTS* e *OUTPUTS*. A Figura 1 descreve as três primeiras fases da técnica na qual se inicia o jogo apresentando as peças do problema.



Fase 1: INPUT (entrada) de um problema. Nenhuma regra ou instrução é oferecida. Trata-se do Tempo de Reação. Enquanto não ocorre o primeiro movimento de manipulação dos objetos a interpretação é não observável e em metacognição fraca. No jogo uma tela é apresentada disponibilizando diferentes objetos do problema a ser solucionado. O jogador interpreta ou não interpreta.

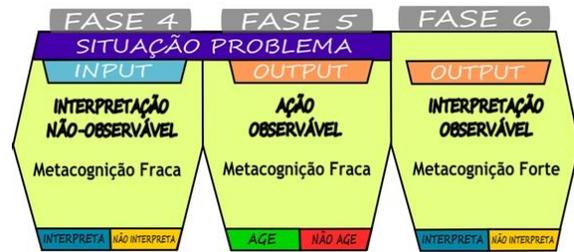
Fase 2: OUTPUT (saída) de ação observável com ou sem interpretação. Metacognição fraca. Pré-teste. Fim do Tempo de Reação com o início da ação observável. Inferência do não observável da Fase 1. No mesmo ambiente do jogo as peças podem ser movimentadas para que se manifeste uma organização cognitiva. O jogador age ou não age.

Fase 3: OUTPUT provocada para que o sujeito expresse o que fez por meio de um tipo de linguagem. Início da construção das regras do jogo. A interpretação das ações imprime um suposto retrocesso cognitivo, contudo ocorre a sedimentação de esquemas em metacognição forte. Fase de interpretação observável. O jogo oferece a possibilidade para que o jogador conte o que fez na fase anterior. O jogador interpreta ou não interpreta.

Figura 1: Descrição das Fases 1, 2 e 3 da técnica do Fio Condutor Microgenético

Nas três fases iniciais o objetivo é ativar esquemas cognitivos familiares.

Reinicia-se o processo em três novas fases da técnica apresentando-se um problema novo. Este conjunto de fases tem por principal objetivo promover a inovação (Figura 2).



Fase 4: INPUT similar à Fase 1, porém com um problema diferente e novo design de apresentação. Segundo momento de interpretação não observável em metacognição fraca. Novo Tempo de Reação. O ambiente apresenta uma nova possibilidade de construção do mesmo jogo preparando para a elaboração de esquemas inovadores. Nenhuma regra ou instrução é dada. O jogador interpreta ou não interpreta.

Fase 5: OUTPUT de ação observável com ou sem interpretação. Metacognição fraca. Fim do Tempo de Reação com o início da ação observável. Inferência do não observável. Os objetos no mesmo ambiente devem mostrar que é possível fazer diferente com uma nova organização cognitiva, inovando. O jogador age ou não age.

Fase 6: OUTPUT similar à Fase 3, porém incentiva-se a expressão por meio de outra linguagem (esquemas, templates). Verifica-se a variação na velocidade de realização da tarefa. Regras podem ser encontradas e explicitadas. Interpretação observável em metacognição forte. Complemento da inferência do não observável. O jogo oferece a possibilidade para que o jogador conte o que fez na fase anterior. O jogador interpreta ou não interpreta.

Figura 2: Descrição das Fases 4, 5 e 6 da técnica do Fio Condutor Microgenético

A Elaboração Dirigida, mediação que ocorre na Fase 7 (Figura 3) ocorre logo após a Fase 6 e é a principal responsável pela formação de Esquemas Inovadores (Inhelder [6]). A técnica prevê nesta fase uma mediação pedagógica baseada em perguntas que provocam a reflexão sobre um problema. As perguntas são articuladas às construções realizadas pelos jogadores. A inovação é estimulada quando aos mesmos objetos é permitido extrapolar sua manipulação (Fases 4 e 5), provocando uma reorganização do algoritmo inicial a um algoritmo mais adaptado ao problema específico. É neste sentido que o “Design de Interação” atua - proporcionando uma exposição controlada de *affordances*¹ – seja em ambientes virtuais de aprendizagem ou de contato direto com os materiais.

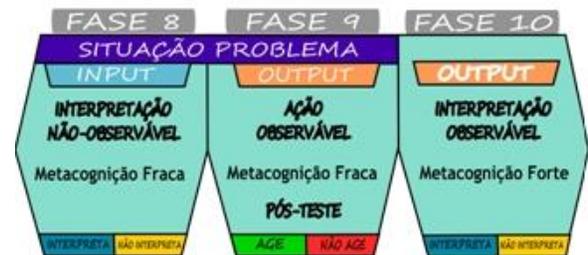
¹ Affordance: repertório de recursos e demandas do objeto.



Fase 7: OUTPUT Elaboração Dirigida. Metacognição forte. Perguntas para a elaboração das regras do jogo abordadas nas fases anteriores e a dar-se conta de como pensou. Caracteriza-se por levar o indivíduo a pensar com maior profundidade em algo que não havia pensado. O jogador interpreta ou não interpreta.

Figura 3: Descrição da Fase 7 da técnica do Fio Condutor Microgenético

Nas Fases 8, 9 e 10 (Figura 4) verifica-se a estabilidade dos Esquemas Inovadores gerados nas Fases 5 e 7 quando reaplicados a problemas novos de mesma complexidade.



Fase 8: INPUT com a mobilização dos esquemas inovadores formados nas fases anteriores. Interpretação não observável em metacognição fraca. Novo Tempo de Reação. Supõe-se que haja menor Tempo de Reação para iniciar a tarefa, em função da evolução cognitiva e da construção anterior das regras do jogo. O jogador interpreta ou não interpreta.

Fase 9: OUTPUT de ação observável com ou sem interpretação. Metacognição fraca. Pós-teste. Fim do Tempo de Reação com o início de nova ação observável. Verificam-se as regras construídas anteriormente quando aplicadas a problemas novos. Mobilização dos esquemas inovadores. O jogo oferece um novo desafio em igual nível de complexidade a fim de checar a aprendizagem por meio da aplicação dos esquemas cognitivos inovadores. O jogador age ou não age.

Fase 10: OUTPUT provocado para que o sujeito expresse o que fez por meio de um tipo de linguagem. Novo estímulo à construção das regras do jogo. São oferecidas diversas ferramentas e possibilidades de representação envolvendo a organização do conhecimento: textos (palavras), esquemas, templates, ilustrações, formas e símbolos. A tarefa de representação induz a formalização e a elucidação dos processos cognitivos da aprendizagem. Momento de interpretação observável em metacognição forte. Identificação de forças e fraquezas. O jogador interpreta ou não interpreta.

Figura 4: Descrição das Fases 8, 9 e 10 da técnica do Fio Condutor Microgenético

A metodologia do Fio Condutor Microgenético foi elaborada de tal forma que cada fase é um pré-teste da fase seguinte. O indivíduo sempre avança e no processo toma consciência de sua aprendizagem alternando fases de ação consideradas de metacognição fraca (Seminário [22]) de processos cognitivos inconscientes, às fases de

interpretação, consideradas de metacognição forte (Seminário [22]), de processos cognitivos conscientes. A variabilidade de problemas nas fases provoca a descristalização constante dos conhecimentos adquiridos.

As fases de “contar o que fez” oportunizam a comunicação do jogador com o jogo permitindo relatar ações, explicitar pensamentos, elaborações, encaminhamentos e tomadas de decisões. Estas fases conduzem o jogador ao desenvolvimento de bases metacognitivas que significam a tomada gradativa de consciência do processo particular de aprendizado.

Cada fase da técnica correspondente às mesmas fases nos jogos na versão computacional (detalhada na seção 5).

4 Metodologia

A pesquisa como um todo foi organizada em três fases chamadas de A, B e C. A Fase A, iniciada em 2010, envolveu o levantamento das referências bibliográficas, a elaboração do modelo teórico, o desenvolvimento da técnica do Fio Condutor Microgenético, a escolha dos dois jogos, a definição dos critérios para a seleção dos participantes, bem como a amostra da população.

Os jogos foram escolhidos em função de ambos abordarem conceitos matemáticos básicos em geral ensinados no Ensino Médio. O Jogo dos Elásticos aborda a teoria dos conjuntos e o Jogo da Vassoura as relações matemáticas entre pesos e distâncias ao equilibrar um sistema. O design específico dos jogos estimula cognitivamente crianças das séries iniciais a resolver as situações-

problema e a construir as regras matemáticas na medida em que avançam e observam a sua própria experiência.

Concomitantemente iniciou-se o estudo e o desenvolvimento do protótipo manipulável do *Jogo da Vassoura* com a consultoria de um engenheiro, bem como a escolha e desenho das coleções de ilustrações das fichas do jogo. Para o *Jogo dos Elásticos* foi necessário apenas a confecção de três placas com furos para completá-lo, uma vez que o jogo encontrava-se em perfeito estado de conservação.

Na Fase B ocorreu a aplicação dos jogos em material manipulável nas crianças, com a técnica o Fio Condutor Microgenético. Esta etapa foi realizada em dois momentos: o primeiro que durou três meses foi de aplicação do Jogo dos Elásticos. Depois de um intervalo de seis meses aplicou-se o Jogo da Vassoura. Em ambas as aplicações a mediação foi realizada pela pesquisadora.

A Fase C abarcou o desenvolvimento dos dois jogos em versão computacional, nas fases do Fio Condutor Microgenético. Ocorreu concomitante à fase B, a partir de julho de 2012, com o estudo das especificidades dos jogos junto à especialista. Elaborou-se um protocolo contendo as especificações e orientações para cada fase dos jogos, além de documentos próprios inerentes às peculiaridades dos objetos e ações a serem programadas.

A partir de novembro de 2012 iniciaram-se os trabalhos com os designers, programadores e músicos distribuídos em duas equipes de trabalho. Cada jogo levou em média sete meses para ser desenvolvido. As fases de realização da pesquisa estão representadas na Figura 5. Este artigo apresentará a pesquisa realizada até a etapa 5 da Fase C.

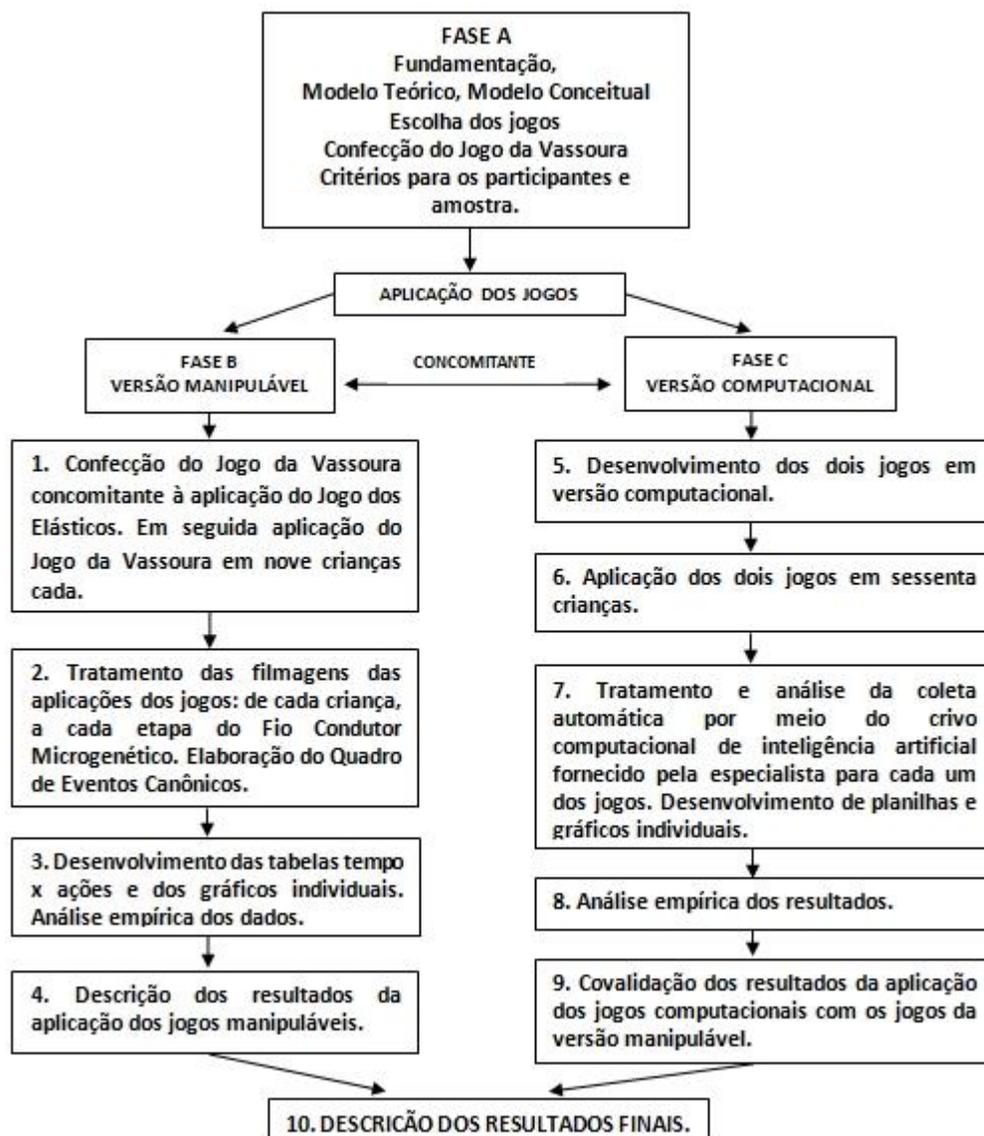


Figure 5: Etapas da metodologia

Os experimentos foram filmados o que permitiu a re-visitação das ações dos voluntários nos jogos na linha de tempo. A partir das filmagens gerou-se, para cada participante, um *Quadro de Eventos Canônicos* (Figura 6) contendo as fases do Fio Condutor Microgenético de aplicação do jogo, os intervalos de tempo, a classificação com a respectiva descrição de cada evento (tempo de reação, tempo de exploração, Esquema Familiar¹, Esquema Inovador, não observável, “conta-o-que fez”, Elaboração

Dirigida e a classificação dos ciclos (familiar, prototípico² e inovador).

¹ Esquema Familiar: esquemas conhecidos ou familiares escolhidos pelo sujeito para a resolução de problemas (Inhelder [4]).

² Prototípico: isolamento pelo sujeito de uma unidade privilegiada de trabalho, a partir da globalidade sincrética e imprecisa do problema. Trata-se de uma redução heurística rumo a resolução (Inhelder [4]).

FASE	SUBFASES	TEMPO	MARCAÇÃO	DESCRIÇÃO	CICLO
FASE 1	1.1	00:30 a 00:45	 Design inicial de apresentação. Tempo de Reação	Jogador observando as peças.	
	2.1	00:46 a 02:02	Tempo de Exploração	Experimentação das peças do jogo: esticar elástico, enfiar elástico no buraco, colocar pino no buraco, olhar as fichas.	
FASE 2	2.2	02:12 a 02:40	 Esquema Familiar 1: contorna os pinos com elásticos em zigue-zague.	Familiar	
	2.3	02:42 a 03:09	 Esquema Familiar 2: preenche uma placa com 16 pinos.	Familiar	
	2.4	03:10 a 03:52	 Reaplicação de Esquema Familiar 1; nova tentativa. Contorna os pinos com elásticos em zigue-zague.	Familiar	
	2.5	04:20 a 05:10	 Esquema Familiar 3: posiciona pinos nas quatro extremidades do quadrado e coloca elástico em dois pinos distantes.	Familiar	
	2.6	05:11 a 05:50	Não observável	Pensa e observa as peças.	NO
	2.7	05:51 a 13:18	 Reaplicação de Esquema Familiar 3: estica elásticos em todas as duplas de pinos. Forma uma estrela.	Familiar	

Figura 6: Quadro de Eventos Canônicos

A partir do tratamento dos dados qualitativos e quantitativos, gerou-se uma tabela individual na qual foram inseridas, para cada fase do Fio Condutor Microgenético, a duração dos eventos microgenéticos observáveis identificados no *playback*. Cada tabela deu origem a um gráfico tempo x fase representativo de marcos do comportamento de cada participante enquanto jogava. Na sequência, os pontos emergentes dos gráficos foram classificados com diferentes cores de acordo com os dados qualitativos extraídos dos *Quadros de Eventos Canônicos* (exemplificado na Seção 6 deste artigo).

4.1 Implementação Computacional dos eventos

A classificação dos eventos seguiu os seguintes critérios para os esquemas identificados:

- **Esquema Familiar (EF):** caracteriza-se por um esquema posto rapidamente em ação. É a evidência do recrutamento de conhecimentos prévios e da tentativa de aplicá-los na solução dos problemas. No jogo computacional o reconhecimento dos Esquema Familiar são os ativadores das respostas automáticas na interação com o aluno.
- **Reaplicação de EF (REF):** reaplicação integral do Esquema Familiar, ou seja, sem alterações. A reaplicação de Esquema Familiar são em especial levadas em conta no crivo de reconhecimento de respos-

ta computacional porque indicam a necessidade de uma Elaboração Dirigida.

- **Esquema Inovador (EI):** Caracteriza-se pela reaplicação de partes de Esquema Familiar acrescidos de inovações. Na versão computacional o propósito do reconhecimento de Esquema Familiar é a produção de heurísticas desencadeadoras de Esquema Inovador. Dentro das aplicações em materiais manipuláveis alguns esquemas frequentes foram reconhecidos, portanto os de Esquema Inovador podem ser detectados a partir deste inventário já coletado. de Esquema Inovador não provocam nenhuma reação na máquina. Esses esquemas não são incluídos no repertório de eventos ativadores da reação automática, no entanto são registrados internamente para o reconhecimento de Esquema Inovador reaplicados.

- **Esquema Inovador reaplicado tornando-se um novo EF (EFRED):** quando um Esquema Inovador da própria fase é reaplicado literalmente sendo considerado adequado rumo à solução do problema. Neste momento forma-se um novo Esquema Familiar que é agregado ao acervo inicial. A reaplicação de Esquema Inovador é um marcador de dois tipos: de incorporação de novo Esquema Familiar ou de uma norma criada pelo jogador. Para o primeiro tipo o jogo não oferece Elaboração Dirigida, pois ainda não se encontra em seu acervo. Quando há indício de norma aplicada, alguma Elaboração Dirigida pode ser iniciada desde que já tenha sido observada em experimentos anteriores e cadastrada no banco de regras.

O tempo de reação, de exploração, “conta-o-que fez” e o não observável são marcadores registrados apenas pela coleta de dados no servidor para posterior análise.

O documento também contém a transcrição de todas as perguntas de Elaboração Dirigida utilizadas na aplicação dos jogos (Tabela 1). A Elaboração Dirigida é a forma com que a máquina reage a todos os eventos descritos anteriormente determinantes de uma necessidade de intervenção. A Elaboração Dirigida é definida teoricamente pelo modelo do Fio Conductor Microgenético que advém da observação empírica desses eventos previamente listados. A partir da experiência tácita com a aplicação da metodologia com as crianças surgiram propostas de formalização dos comportamentos do mediador. Essa formalização é feita através de uma planilha de eventos e respostas. Os eventos no jogo manipulável são inferidos subjetivamente pelo mediador. Foi necessário passá-los para uma descrição formal e programável, descritos de forma a serem convertidos em algoritmos de detecção da atitude computacional equivalente à atitude

corporal. As reações também foram descritas de modo a serem transformadas em expressões computacionais na interação com o aluno.

EVENTOS	PERGUNTAS DE ELABORAÇÃO DIRIGIDA
Forma pares com as ilustrações.	Algumas figuras não possuem par. Há outra maneira de inseri-las em algum grupo?
Preenche uma das placas com 16 pinos.	Há pinos suficientes para preencher todas as placas? De que outra forma você pode usar os pinos?
Não faz intercessão de conjuntos.	Observe as fichas que você colocou nos grupos. Existe alguma outra característica em comum entre fichas diferentes? Você poderia criar uma forma de unir os grupos por meio de características em comum?

Tabela 1: Exemplo de Elaboração Dirigida para as reações no *Jogo dos Elásticos*

A maior parte das reações foram expressas através de comunicados emitidos por um NPC¹. Sempre que pode a máquina deixa o jogador livre, mas sempre que há um marcador de risco existe uma intervenção apropriada disponível para mediar o jogador.

4.2 Aspectos Éticos

Considerou-se aspectos de confidencialidade, privacidade e proteção da imagem. Os responsáveis dos alunos foram comunicados e mediante convite autorizaram a sua participação. Foram realizadas duas reuniões: a primeira para apresentar a pesquisa, definir a forma de participação dos alunos, assinar as autorizações de participação e de uso de imagem e depoimentos. A segunda reunião ocorreu quando da apresentação dos resultados preliminares. Houve disponibilidade para esclarecer dúvidas eventuais tanto da direção da escola quanto dos responsáveis.

5 Os Jogos Neuropsicopedagógicos

Os dois jogos escolhidos para a pesquisa - *Jogo dos Elásticos* e *Jogo da Vassoura* - fazem parte de um acervo de cerca de 1000 jogos neuropsicopedagógicos assinados por Marques [14]. Possuem características peculiares, por exemplo, todas as peças que os compõem carregam intrinsecamente infinitas possibilidades de escolha e combinações. Nenhuma regra é oferecida, o jogador tem o desafio de descobri-las registrando, desta forma, sua própria trajetória de constructos, sua “assinatura cognitiva”. Desenvolvidos como recurso lúdico e utilizados por terapeutas por cerca de 20 anos pela Associação Brasilei-

¹NPC: Um personagem não jogável/manipulável (*non-player character*) é um personagem de qualquer jogo eletrônico que não pode ser controlado por um jogador mas se envolve de alguma forma no enredo de um jogo. Fonte: WIKIPEDIA.

ra de Problemas de Aprendizagem (ABRAPA) na reabilitação cognitiva de indivíduos em situação de risco social, os jogos pertencem à área das ciências matemáticas abrangendo estruturas cognitivas lógico-matemáticas e conteúdos escolares pertencentes aos eixos epistêmicos do conhecimento no âmbito do contar (quantidades) e do medir (métricas) que são a base da compreensão da matemática (Lopes [11]).

O conteúdo-processo é um novo paradigma aos jogos neuropsicopedagógicos. É uma grande unidade do pensamento indissociável na resolução de problemas. Deste modo, há dois eixos ortogonais nos jogos. No *Jogo da Vassoura* o objetivo é trabalhar um processo contínuo de decisões. O jogo é uma sequência de decisões a serem tomadas nas quais cada uma muda irrevogavelmente a próxima a ser tomada e ao mudar o rumo desfaz-se a decisão anterior. O *Jogo da Vassoura* é um processo, pois uma decisão depende da outra. No *Jogo dos Elásticos* pode-se tirar ou colocar fichas e outros componentes de forma independente, ou seja, descontinuamente (Lemos [10]).

Os jogos neuropsicopedagógicos permitem construções ilimitadas deixando ao sujeito a decisão de parar de jogar, mesmo que ele tenha a intuição de que ainda há possibilidades inexploradas até aquele momento. Fazem com que os indivíduos se deparem com algo infinito, não saturado. Nos jogos neuropsicopedagógicos nunca se ganha ou perde, contudo há ganho até onde se construiu. O indivíduo constata que não há sinalização de erros, acertos ou recompensas como nos jogos tradicionais. Importa o processo construtivo e as tomadas de decisões (Lemos [10]).

A seguir apresentamos os jogos originais em versão manipulável e descrevemos o desenvolvimento destes em versão computacional.

5.1 O Jogo dos Elásticos

No *Jogo dos Elásticos*, o objetivo é desenvolver competências matemáticas relativas à formação de conjuntos, tais como disjunções, interseções e inclusões por meio da

descoberta das mais de dez possibilidades de formação de classes e mais de 53 subclasses com as fichas ilustradas.

O *Jogo dos Elásticos* em material manipulável foi confeccionado em madeira e pintado à mão. Possui nove placas quadradas de 26 cm x 26 cm, cada uma com 16 buracos, elásticos de cores e comprimentos variados, 30 pinos torneados em madeira e 64 fichas de 9,5 cm x 7,5 cm ilustradas.

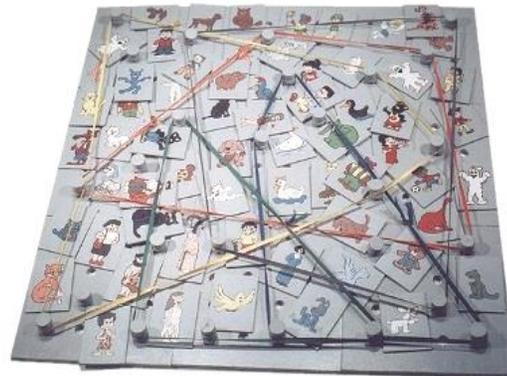


Figura 7: Jogo dos Elásticos original



Figura 8: Jogo dos Elásticos - peças espalhadas

O jogador pode formar conjuntos diferentes com fichas classificando-as segundo algum critério (Figura 9); criar formas geométricas variadas com elásticos e pinos com interseções e inclusões (Figura 10) e utilizar pinos e elásticos para delimitar conjuntos de fichas (Figura 11).



Figura 9: Fichas classificadas pelo critério monstros

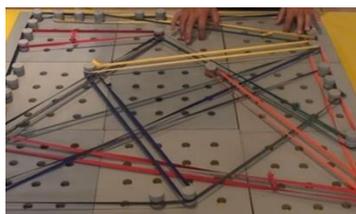


Figura 10: Formas geométricas variadas



Figura 11: Posicionamento de pinos e elásticos

Para o desenvolvimento da versão computacional do *Jogo dos Elásticos* compôs-se uma equipe com alunos da graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (dois programadores, designer e musicista) e um designer profissional.

5.2 O Jogo da Vassoura

O Jogo da Vassoura desperta o para a descoberta de um propriedade física: o equilíbrio. O desejo de manter este equilíbrio leva o jogador a descobrir uma segunda regra ou lei ao perceber que pesos iguais se equilibram apenas em posições equidistantes do eixo e que pesos diferentes se equilibram apenas em posições diferentes e inversamente proporcionais a suas massas. O peso e a quantidade de furos de cada lado da haste relacionam-se através de uma multiplicação. Contudo, há outras possibilidades a serem exploradas no jogo embutidas nas fichas.

O *Jogo da Vassoura* foi reconstruído com uma haste de madeira e 144 fichas de madeira (Figura 13) decoradas com ilustrações impressas em papel coladas sobre as fichas de madeira, duas porcas e dois parafusos de alumínio (para a montagem da haste), um suporte de acrílico e madeira (Figura 12), 30 ganchos de arame e moedas de dois pesos diferentes, que foram incrustadas nas fichas para fornecer a variação dos pesos.



Figura 12: Jogo da Vassoura reconstruído (protótipo)



Figura 13: coleções de fichas ilustradas do Jogo da Vassoura

O jogador, por tentativa, erro e observação da reação da haste constrói as relações entre as medidas de peso e distância chegando a descrever a Lei do Torque (Figuras 14 e 15).



Figura 14: observação do equilíbrio da haste com fichas de pesos diferentes em distâncias diferentes



Figura 15: definição do Torque

Alunos do Ensino Médio Técnico em Informática do Colégio Pedro II da Tijuca, um músico e um designer profissional formaram a equipe de desenvolvimento da versão computacional do *Jogo da Vassoura*.

5.3 Arquitetura do Engenho Computacional

Ambos jogos foram desenvolvidos na linguagem *Python 2.7* em conjunto com a biblioteca *Pygame 1.9.1*. Utilizando a programação orientada a objetos montou-se a estrutura dos jogos criando classes para as telas e os objetos presentes. Desenvolveu-se uma engenharia para tratar os objetos presentes no jogo, tais como: objetos clicáveis e não clicáveis, interfaces, textos e músicas (Figura 16). Isto possibilitou a reutilização de código e a diminuição da quantidade de linhas presentes em cada arquivo sendo possível criar objetos de mesma estrutura com funções diferentes. Foram criadas classes para as telas (introdução, inscrição, jogo, “*Conte-o-que-fez*” e créditos), bem como para os objetos (fichas, vassoura, elásticos). Os arquivos foram separados de acordo com as classes criadas.



Figura 16: Objetos clicáveis – Jogo dos Elásticos Tela Fase 1

A Elaboração Dirigida, em sua maior parte, foi feita através da contagem dos objetos no Jogo dos Elásticos. Para a coleta de dados no *Jogo da Vassoura* criou-se engenhos para se relacionarem com as classes e subclasses que operam a lógica das 108 fichas presentes, computando todo o seu movimento no decorrer do jogo. A identificação desses movimentos é feita por algumas comparações entre as fichas penduradas na vassoura por meio das diferentes propriedades. Avaliam-se os atributos peso, o tipo e a coleção a qual pertencem (Figura 17). Ao término do jogo uma cópia desse documento é enviada para um e-mail pré definido visando garantir a segurança dos dados coletados.

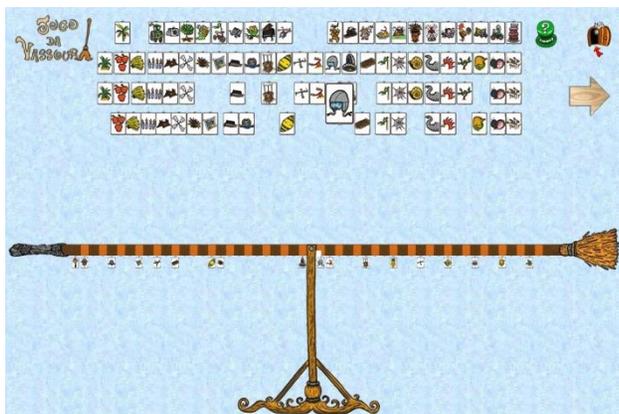


Figura 17: Objetos clicáveis – Jogo da Vassoura Tela Fase 1

Nos engenhos a Elaboração Dirigida fica disponível ao clicar no botão com o sinal de interrogação. No momento do clique abre uma tela sobreposta à tela do jogo com uma pergunta previamente selecionada. A tela pode ser fechada para retornar ao jogo. Caso o jogador retorne ao jogo altere algo com diferentes ações, outra pergunta de Elaboração Dirigida é selecionada. Ao clicar novamente no botão de interrogação a nova pergunta aparecerá. Acreditamos que uma vez que o jogador descubra que o botão de interrogação apresenta diferentes perguntas utilizará o recurso com mais frequência (Figuras 18 e 19).

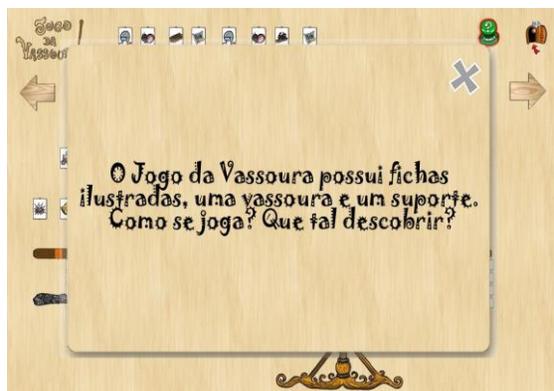


Figura 18: Exemplo de visualização da Elaboração Dirigida

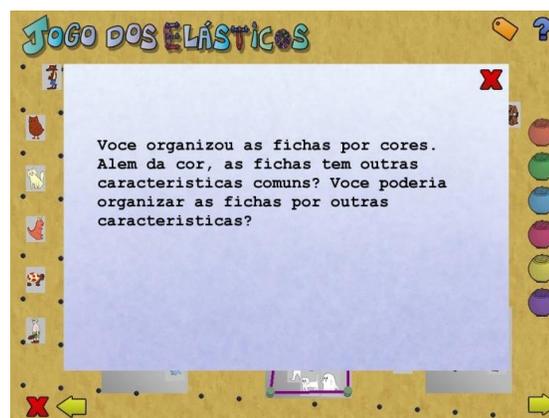


Figura 19: Exemplo de visualização da Elaboração Dirigida

Cada tipo de ação do jogador é gravada junto com o tempo em que foi realizada. Esse registro é colocado em um arquivo *.txt* que também possibilita acessar toda a coleta de dados feita a partir da Elaboração Dirigida e dos textos das fases de “Conte o que fez” (Figura 20).

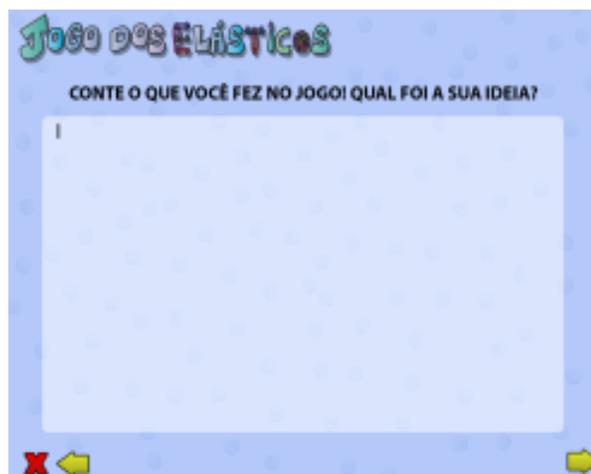


Figura 20: Exemplo de Tela “Conte o que fez”

Aplicamos como fundamento a simplicidade e a clareza dos conteúdos nas telas, pois atuam diretamente na usabilidade e na forma com que o jogador se desloca pelos diferentes ambientes (Kirsh[9]).

Desafio considerável encontramos na conciliação da implementação de alguns requisitos dos jogos manipuláveis para os jogos computacionais. Foi necessário suprimir alguns requisitos em função de determinadas limitações tecnológicas ou pelo tempo que seria necessário investir no desenvolvimento, extrapolando o cronograma da pesquisa. Mesmo com algumas perdas o ganho em ter tanto o engenho automatizado desenvolvido quanto a coleta de dados suplantou as perdas.

6 Dados Experimentais

Uma das hipóteses da pesquisa afirma que a técnica proposta para a mediação cognitiva em jogos computacionais promove ganhos efetivos no aprendizado e que o processo microgenético reflexivo impacta nos avanços da competência cognitiva. Deste modo apresentaremos nas próximas subseções os primeiros resultados tratados a partir da análise dos dados empíricos com a aplicação dos jogos manipuláveis.

6.1 População e Amostra

Participaram da Fase B, de aplicação dos jogos em material manipulável, nove crianças entre 9 e 10 anos,

matriculadas nos 4º e 5º Anos do Ensino Fundamental, de uma instituição privada, situada em Barra do Piraf. A escolha pela instituição se deu em função de estar na mesma cidade em que a pesquisadora reside e por esta ser

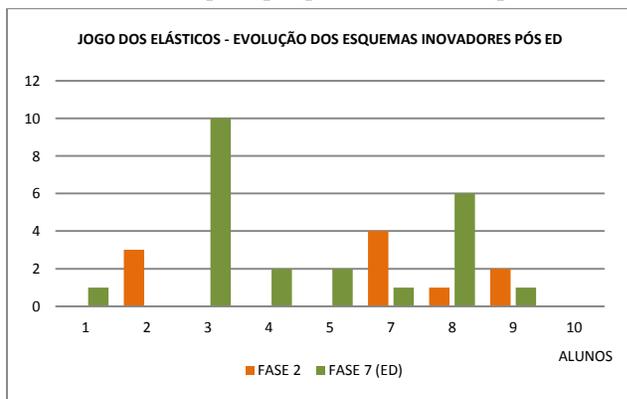


Figura 21: Evolução dos EI pós ED – Jogo dos Elásticos

Nota-se nos gráficos (Figuras 21 e 22) que os Alunos 1, 3 e 4, no *Jogo dos Elásticos*, não apresentaram nenhum Esquema Inovador na Fase 2, contudo tiveram avanços significativos após a Elaboração Dirigida na Fase 7. Já no *Jogo da Vassoura* além de apresentarem Esquemas Inovadores na Fase 2, avançaram ainda mais após a Elaboração Dirigida. O Aluno 2 no *Jogo dos Elásticos* apresentou Esquema Inovador na Fase 2, mas não obteve avanços para as fases subsequentes, pois não teve Elaboração Dirigida. No *Jogo da Vassoura* avançou tanto em Esquema Inovador na Fase 2 quanto em Esquema Inovador na Fase 7. O Aluno 5 em ambos os jogos inicialmente não apresentou nenhum Esquema Inovador e após a Elaboração Dirigida saltou principalmente no *Jogo da Vassoura* em Esquemas Inovadores. O Aluno 7 apresentou Esquema Inovador na Fase 2 nos dois jogos, porém apresentou pouco avanço no *Jogo dos Elásticos* (pouca Elaboração Dirigida) e no *Jogo da Vassoura* não teve Elaboração Dirigida, portanto nenhum Esquema Inovador. O Aluno 8 apresentou pelo menos um Esquema Inovador inicialmente nos dois jogos e seu avanço foi notório, após a Elaboração Dirigida, em ambos os jogos. O Aluno 9, no

uma das sócias e atuar como professora do Ensino Fundamental.

Foram critérios de exclusão as crianças com laudo que comprove deficiência visual, deficiência auditiva, deficiência intelectual, altas habilidades, transtornos psiquiátricos, disfunções ou lesões neurológicas.

6.2 Resultados e discussão

Nossos resultados com o desenvolvimento e a aplicação da técnica do Fio Condutor Microgenético apontam, a partir da comparação do surgimento de Esquemas Inovadores entre as Fases 2 e 7 de aplicação dos jogos, que os alunos que tiveram a intervenção da Elaboração Dirigida apresentaram maior quantidade de Esquemas Inovadores. Em contrapartida, os alunos que não tiveram a Elaboração Dirigida, porque declararam que queriam parar de jogar, não avançaram na formação de Esquemas Inovadores.

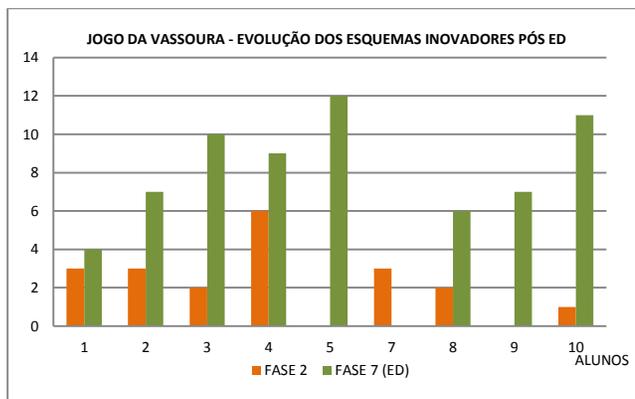


Figura 22: Evolução dos EI pós ED – Jogo da Vassoura

Jogo dos Elásticos apresentou Esquema Inovador na Fase 2, e em função da intervenção da Elaboração Dirigida ter sido pequena, seus resultados foram menores. No *Jogo da Vassoura*, não apresentou nenhum Esquema Inovador na Fase 2 em contrapartida saltou após a Elaboração Dirigida. O Aluno 10 apresentou pelo menos um Esquema Inovador na Fase 2 do *Jogo da Vassoura* e seu avanço foi enorme após a Elaboração Dirigida. Para o Aluno 10 no *Jogo dos Elásticos* ainda não se tem os resultados, pois os dados estão em análise.

A Fase 7 corresponde à Elaboração Dirigida, que na maioria dos casos iniciou durante a Fase 5 de aplicação dos jogos. Todos os alunos foram contemplados pela mediação da Elaboração Dirigida, porém alguns decidiram parar de jogar antes. Entendemos que a Elaboração Dirigida é um diferencial na aplicação dos jogos. Trata-se de provocar o jogador para que forme conexões cognitivas ainda não realizadas. A mediação é um processo no qual ambos, o mediador e o jogador, mergulham e interagem. O mediador não interfere nos processos construtivos que se apresentam deixando o jogador realizar suas des-

Figura 25: Evolução dos Esquemas Inovadores entre fases e jogos - Aluno 3

O Aluno 4 na Fase 2 do *Jogo dos Elásticos* apresentou igualmente apenas um Esquema Familiar e para a mesma fase no *Jogo da Vassoura* apresentou três Esquemas Familiares e seis Inovadores. Na Fase 5 para ambos

os jogos houve o surgimento de dois Esquemas Inovadores. Para a Fase 7 evoluiu de um Esquema Inovador no *Jogo dos Elásticos* para sete no *Jogo da Vassoura* (Figura 26).

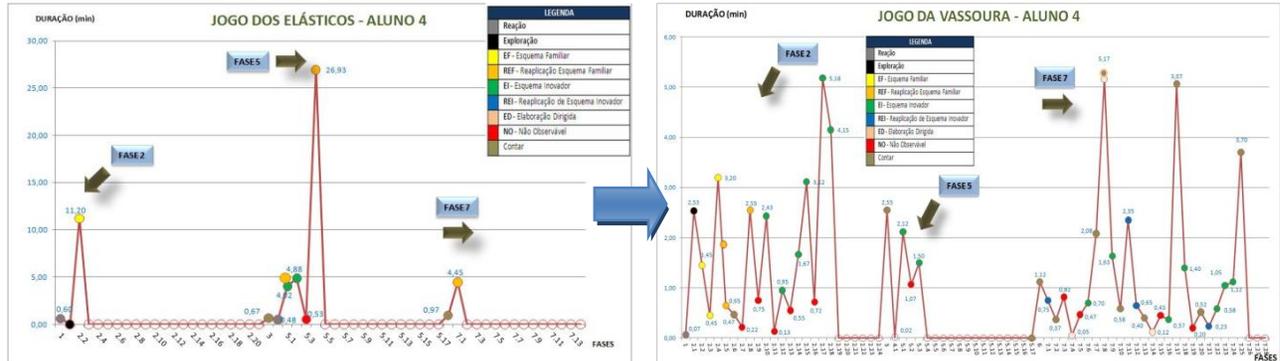


Figura 26: Evolução dos Esquemas Inovadores entre fases e jogos - Aluno 4

Nas Fases 5 em diante o Aluno 3 manteve o mesmo resultado de Esquemas Inovadores (dez), enquanto o Aluno 1 passou de um para quatro Esquemas Inovadores e o Aluno 4 saltou de dois para nove Esquemas Inovadores entre os jogos. Ao considerarmos a análise quantitativa da evolução de Esquemas Inovadores, para os três alunos nos dois jogos, o resultado geral mostra o aumento de Esquemas Inovadores nas Fases 2 e 7 entre os dois jogos, para os três alunos.

Encontramos em comum nos três casos a existência de Esquemas Inovadores na Fase 2 da técnica para o segundo jogo aplicado. Este dado evidencia a possível formação de regras gerais ou estruturas cognitivas (Inhelder [6]) durante a interação do jogador com o *Jogo dos Elásticos* e que estas foram ativadas no *Jogo da Vassoura* provocando já na Fase 2 o surgimento de Esquemas Inovadores, quando geralmente são ativados apenas Esquemas Familiares.

Ainda que nossa análise esteja baseada em inferências subjetivas levantam hipóteses de que os jogadores tenham atingido níveis metacognitivos para a resolução dos problemas e que seu sistema cognitivo tenha adquirido inteligência reaplicável em novas situações. Trata-se da aquisição de regras cognitivas adquiridas na experiência e na interação com este tipo de jogos e nestas condições metodológicas. Mais ainda, que a construção das regras generativas, uma vez reaplicadas em novos jogos, contribui para a aceleração cognitiva.

Todos os alunos foram capazes de elaborar regras matemáticas não formalizadas em ambos os jogos. Na interação com o *Jogos dos Elásticos* classificaram as fichas ilustradas de acordo com algum critério e formaram conjuntos utilizando os pinos e elásticos. Houve a formação de interseção de conjuntos por dois alunos. Da mesma

forma constatamos que as crianças nesta idade são capazes de elaborar as regras inseridas no *Jogo da Vassoura* que abrangem a descoberta do equilíbrio utilizando a relação entre pesos e distâncias até o anúncio da Lei do Torque com a aplicação correta da multiplicação de pesos e distâncias.

7 Considerações Finais

A pesquisa descreve a aplicação dos jogos manipuláveis para levantar requisitos necessários para a implementação das mesmas regras na versão computacional dos jogos. Este investimento revelou um arcabouço de potencialização da análise de comportamentos das crianças observadas. Assim abre-se um campo a explorar-se das microgêneses cognitivas (Inhelder [6]) com ferramentas computacionais de medição e aferição de comportamentos e padrões das crianças através de jogos computacionais com *design* que leve em conta a metacognição.

Os algoritmos reproduzidos nas versões computacionais foram desenvolvidos a partir do estudo dos jogos manipuláveis e das teorias. A aplicação dos jogos e a análise dos dados observacionais gerados permitiu a hipótese de ocorrer saltos cognitivos e da transferência de estratégias metacognitivas de uma experiência para outra.

Inferimos que estes jogos são uma ferramenta para a mediação metacognitiva em jogos computacionais e promovem mudanças de estados cognitivos que encaminham o jogador à aquisição de regras generativas dos conhecimentos. A aplicação do Fio Condutor Microgenético revelou resultados promissores para a aprendizagem como o impacto da Elaboração Dirigida na formação de Esquemas Inovadores e avanços cognitivos observados entre um jogo e outro.

Defendemos a utilização dos jogos apresentados sem regras declaradas (Inhelder [6]) e peças desmontadas (Marques [14]) como recurso lúdico fundamental e estimulante para que os jogadores coloquem em ação os conhecimentos prévios e elaborem esquemas inovadores. Desta forma os jogos potencializam a natureza funcional da cognição – a necessidade de encontrar as respostas para as situações-problema. Os jogos propostos nesta pesquisa revelam o indivíduo com todo seu potencial cognitivo.

Os resultados alcançados com a aplicação destes jogos indicam contribuição na formação de estruturas lógico-matemáticas na resolução de situações-problema. A fase de intervenção reflexiva (Elaboração Dirigida) impactou diretamente na formação de Esquemas Inovadores. A técnica como um todo propõe fases variadas que ativam diferentes reações cognitivas resultando em ganhos metacognitivos. As crianças, quando indagadas alguns meses após terem jogado os jogos foram capazes de relatar sua experiência e suas construções rumo à solução dos problemas e à descoberta das regras implícitas nos jogos.

A relevância deste estudo para a educação reside no fato de que o atual modelo de ensino não abrange o total potencial de desenvolvimento cognitivo humano.

Apresentamos indícios de que o aprendizado está desvinculado de estágios cronológicos pré-definidos como defendia Piaget. Em nossos resultados verificamos que conteúdos que exigem raciocínio matemático complexo e que são esperados com mais de 12 anos na fase de operações formais de raciocínio abstrato (Piaget [17]), podem ser aprendidos e consolidados por crianças mais novas na faixa entre 9 e 10 anos.

Referências

- [1] Flavell, J. H. A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget. Tradução Maria Helena Souza Patto. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1992.
- [2] _____. Cognitive development. New Jersey: Prentice Hall; Englewood Cliffs, 1985.
- [3] _____. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNIK, L. B. (ed.) The Nature of intelligence. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1976.
- [4] Giraffa, L. M. M. Uma odisséia no ciberespaço: O software educacional dos tutoriais aos mundos virtuais. Revista Brasileira de Informática na Educação. Vol. 17. Nº 1. 2009. Disp. em: <http://ceie-sbc.tempsite.ws/pub/index.php/rbie/article/view/1214/1110>
- [5] Hall, E. A conversation with Jean Piaget and Bärbel Inhelder. Psychology Today, New York, v. 3, n. 12, p. 25-32, 54-56, May, 1970.
- [6] Inhelder, B.[et al.]. O Desenrolar das descobertas da criança: pesquisa acerca das microgêneses cognitivas. Trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- [7] Inhelder, B., Tryphon, A. & Vonèche, J.J.. Working with Piaget: Essays in Honour of Bärbel Inhelder. Psychology Press. 2001. <http://books.google.com.br/books?id=z3I0YIutdh0C>
- [8] Jou, G. I. de; Sperb, T.M. A Metacognição como Estratégia Reguladora da Aprendizagem. Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006. Disponível em www.scielo.br/prc
- [9] Kirsh, D. “Metacognition, Distributed Cognition and Visual Design”, in Peter Gardinfors e Peter Johansson, Lawrence Erlbaum. Cognititon, Education and Communication Technology (eds.). 2004. Disponível em: <http://fias.uni-frankurt.de/~triesch/courses/cogs1/readings/meta-cognition-Kirsh2004.pdf>. Acesso em 30/11/2012. Tradução de Débora R. Barros.
- [10] Autor. Modelo fractal das microgêneses cognitivas: uma metodologia para a mediação metacognitiva em jogos computacionais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013.
- [11] Lopes, M. L. M. L. Entrevista publicada em Educação Matemática em Revista, SBEM – Sociedade Brasileira de Educação Matemática, São Paulo, n. 8, jun. 2000.
- [12] Luria, A. R. Pensamento e Linguagem - as últimas Conferências de Luria. Editora: Artes Medicas. 1987.
- [13] _____. Higher Cortical Functions in Man, 2nd Edition. Basic Books. 1980. 634 p.
- [14] Autor [et al.]. A Revolução Cognitiva: um estudo sobre a teoria de Franco Lo Presti Seminário. Instituto de Matemática. Núcleo de Computação Eletrônica. Relatório Técnico 04/09. Rio de Janeiro. 2009.
- [15] Mendonça, A. M. N. Mediação metacognitiva como estratégia de intervenção: uma experiência com jogos digitais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011.
- [16] Neto, A. H.; Direne A. Uma abordagem dialógica para a aquisição de habilidades táticas em

- jogos educacionais. Revista Brasileira de Informática na Educação. Vol. 18. Nº 1. 2010. Disponível em: <http://ceie-sbc.tempsite.ws/pub/index.php/rbie/article/view/1214/1110>
- [17] Piaget, J. A. Psicogênese dos conhecimentos e a sua significação epistemológica. In: Piatelli-Palmarini, M. (Org.). Teorias da linguagem, teorias da aprendizagem. Um debate entre Jean Piaget e Noam Chomsky. Tradução de Rui Pacheco. Lisboa: Edições 70, 1987.
- [18] Queiroz, A.E.M. [et al] Análise da aprendizagem mediada por uma interface educativa voltada para resolução situações aditivas com suporte diagramático. Revista Brasileira de Informática na Educação. Vol. 18. Nº 3. 2010. Disp. em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/1254/1123>
- [19] Seminério, F. L. P. Infra-estrutura da cognição (I): linguagens e canais morfogenéticos. Rio de Janeiro: FGV, ISOP, nº 4, 1984.
- [20] Seminério, F. L. P. Infra-estrutura da cognição (II): linguagens e canais morfogenéticos. Rio de Janeiro: FGV, ISOP, nº 8, 1985.
- [21] Seminério, F. L. P. [et al.]. Elaboração Dirigida: um caminho para o desenvolvimento metaprocessual da cognição humana. Rio de Janeiro: Instituto Superior de Estudos e Pesquisas Psicossociais. Cadernos do ISOP, nº 10, Rio de Janeiro, Ed. FGV, 1987.
- [22] Seminério, F. L. P.; Anselmé, C. R.; Chahon, M. Metacognição: um novo paradigma. Arquivos Brasileiros de Psicologia, Rio de Janeiro, v. 51, n. 1, 1999.
- [23] Shimamura, A. P; Metcalfe, J. Metacognition: knowing about knowing. Cambridge, Massachusetts. 1994.