

APROPRIAÇÃO DA TECNOLOGIA POR PROFESSORES DE MATEMÁTICA PARA FINS PEDAGÓGICOS: UMA ABORDAGEM INSTRUMENTAL

LUIZ CLEBER SOARES PADILHA

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

lcspadilha@hotmail.com

MARILENA BITTAR

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

marilenabittar@gmail.com

Resumo:

Este artigo apresenta resultados de uma pesquisa, de cunho qualitativo, que tem como objetivo investigar a apropriação do computador por professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental que atuam em sala de tecnologia para o ensino de matemática. Para tanto trazemos a análise da participação em um projeto de extensão proposto pelo Grupo de Estudos de Tecnologia e Educação Matemática (GETECMAT) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Esta investigação teve aporte da Teoria da Atividade Instrumentada que nos permitiu analisar o processo de gênese instrumental da tecnologia para fins pedagógicos. Os resultados obtidos permitem concluir que ao utilizar o *software* Grafeq para a solução de tarefas propostas o professor realiza o processo de gênese instrumental, conforme definido por Rabardel. Pudemos observar ainda que dificuldades relacionadas a conceitos matemáticos podem interferir neste processo.

Palavras-chave: Teoria da Atividade Instrumentada; Formação de professores de matemática e tecnologia; Ciclo de Ações e a Espiral de Aprendizagem.

1. Introdução

A inserção da informática na educação brasileira é objeto de pesquisas e de diversas iniciativas do poder público desde o início da década de 1970, como podemos perceber em Valente (1999). Este processo foi fortemente influenciado pelas experiências norte-americanas e francesas, porém os programas brasileiros apresentam diferenças fundamentais; dentre elas destacamos que nos programas brasileiros o uso da informática sempre teve como objetivo provocar profundas mudanças pedagógicas e não apenas automatizar o sistema de ensino (VALENTE, 1999). Esta característica dos programas brasileiros sempre representou um grande desafio, pois é necessário transformar uma abordagem educacional centrada no ensino (transmissão de informações) para uma abordagem na qual o aluno possa construir seu conhecimento com o auxílio da informática, ou seja, era necessária a mudança na prática pedagógica dos professores.

Com o objetivo de estimular esta mudança pedagógica foram desenvolvidos diversos programas destinados à formação de professores para uso da informática na educação. Segundo Borba (2010, p. 21) a metodologia utilizada nestes cursos foi a de “professor capacitando professor”, ou seja, os professores que participavam de um curso de capacitação ao retornarem às suas escolas deveriam atuar como técnicos nos laboratórios de informática e teriam a função de capacitar os demais professores.

No entanto estes programas parecem não ter atingido plenamente os seus objetivos como podemos perceber nos resultados da pesquisa de Coraça (2010), que demonstram que os professores de matemática que atuam como técnicos nas salas de tecnologia educacional apresentam dificuldades para o uso da informática em suas práticas pedagógicas. Coraça (2010) aponta que uma das possíveis causas dessas dificuldades pode estar relacionada ao tipo de formação oferecida a estes profissionais

A formação continuada oferecida pelo NTE (Núcleo de Tecnologias Educacionais) volta-se para os conhecimentos de informática, não considerando a especificidade de cada área de ensino e as dificuldades encontradas pelos professores em sala de aula. Devido a essa formação recebida, os sujeitos investigados, ao atuarem como professores de tecnologia, pouco orientam os professores de matemática regentes, pois desconhece as contribuições do uso do computador para a aprendizagem, o que também se reflete em sua própria prática pedagógica regente. (CORAÇA, 2010, p. 104).

Encontramos outras pesquisas na área de educação matemática (BITTAR, 2000; BRANDÃO, 2005; BITTAR e VASCONCELLOS, 2008) nas quais comprovamos a importância da realização de uma formação de professores de matemática que possibilite a integração informática em suas práticas pedagógicas. Destacamos que utilizamos o termo integração com o mesmo sentido apresentado por Bittar (2010) quando diferencia inserção e integração de tecnologia na educação

Fazemos uma distinção entre integração e inserção da tecnologia da Educação. Essa última significa o que tem sido feito na maioria das escolas: coloca-se o computador nas escolas, os professores usam, mas sem que isso provoque uma aprendizagem diferente do que se fazia antes e, mais do que isso, o computador fica sendo um instrumento estranho (alheio) à prática pedagógica, sendo usado em situações incomuns, extraclasse, que não serão avaliadas. Defendemos que o computador deve ser usado e avaliado como um instrumento, como qualquer outro, seja o giz, um material concreto ou outro. E esse uso deve fazer parte das atividades rotineiras de aula. (BITTAR, 2010, p. 259)

Nesse sentido, acreditamos que a integração, como definida anteriormente, só ocorrerá quando o professor de matemática apropriar-se do computador para o ensino de

matemática. Ao utilizarmos o termo “apropriação”, o fazemos atribuindo-lhe o significado de tomar como próprio, conveniente; adaptado a um determinado fim. O desenvolvimento destas concepções pelos professores pode ser facilitado por meio do contato deste com ambientes em que a tecnologia é utilizada sob esta ótica. E ainda, este desenvolvimento é ligado à forma como o professor se apropria da tecnologia para utilizá-la em sua prática pedagógica. Desta forma os cursos de formação inicial/continuada são espaços privilegiados para se investigar o processo de apropriação do computador por professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental, que atuam em sala de tecnologia, para o ensino de matemática. Neste sentido desenvolvemos esta investigação durante um projeto de extensão de formação de multiplicadores realizado pelo Grupo de Estudos de Tecnologia e Educação Matemática - GETECMAT com o objetivo de *identificar e analisar dificuldades relacionadas ao uso do computador por professores de matemática para o ensino de matemática e analisar a influência dos conhecimentos específicos do professor de matemática em seu processo de instrumentação para a integração do computador em sua prática pedagógica.*

O projeto de extensão, embora utilize a metodologia de formação de multiplicadores, teve uma abordagem diferenciada dos cursos que Coraça (2010) cita e critica em sua pesquisa, uma vez que ao contrário daqueles, esse não teve como objetivo a formação de um indivíduo capaz de disseminar nas escolas as discussões realizadas no curso. O objetivo foi levar o participante, que é um professor de matemática, a vivenciar o processo de gênese instrumental na perspectiva construcionista. Dessa forma, esperávamos que o extensionista começasse a integrar o computador em sua prática pedagógica, nessa perspectiva, e assim trabalhasse com os demais professores de matemática de sua escola.

Este projeto de extensão foi desenvolvido considerando o resultado de pesquisas sobre a da integração de tecnologia na prática pedagógica de professores de matemática (BITTAR, 2000) relacionada com a formação inicial/continuada destes profissionais (BRANDÃO, 2005; SILVA, 2009), assim como a experiência de um projeto realizado em 2007, que deu origem ao GETECMAT, que teve o objetivo de investigar a integração da tecnologia na prática pedagógica do professor que ensina matemática na educação básica (BITTAR; GUIMARÃES; VASCONCELOS, 2008).

O público alvo do projeto foi constituído de professores de matemática do ensino fundamental e médio da Rede Estadual de Ensino (REE)¹ e da Rede Municipal de Ensino de Campo Grande (REME) que além da regência de sala de aula atuavam como Professor Gerenciador de Tecnologias Educacionais e Recursos Midiáticos (da REE), o Professor Coordenador das Tecnologias Educacionais (da REME) e técnicos do Núcleo de Tecnologia Educacional (da REE) e da Divisão de Tecnologia Educacional (da REME). O curso funcionou na modalidade híbrida, com encontros presenciais e a distância em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). A principal característica desta modalidade de curso é o fato de que as atividades realizadas no AVA são uma continuação das atividades realizadas nos momentos presenciais. O ambiente virtual não funciona apenas como um repositório de textos de referência e de atividades executadas pelos cursistas, ele é um espaço privilegiado de interação entre cursistas, professores e tutores (SCHERER, 2005).

A Teoria da Atividade Instrumentada (RABARDEL, 1995) é o suporte teórico para a análise do processo de apropriação do computador pelo sujeito. O Ciclo de Ações e a Espiral de Aprendizagem (VALENTE, 2005) é a referência para analisar o desenvolvimento, por parte do sujeito, de esquemas de uso/utilização do computador que caracterizam o processo de apropriação para fins pedagógicos.

2. Integração do uso de computadores: uma perspectiva com base na Teoria da Atividade Instrumentada

A Teoria da Atividade Instrumentada, proveniente de pesquisas em ergonomia cognitiva e referente à aprendizagem de ferramentas tecnológicas, oferece aportes importantes que podem ser utilizados como referência quando se pretende estudar como professores ou alunos apropriam-se de um artefato qualquer com fins educativos.

Rabardel (1995) se apoia em conceitos da psicologia, destacando-se o conceito de esquema que representa uma ampliação da abordagem apresentada por diversos psicólogos cognitivistas e mais especificamente por Vergnaud (1990). Essa abordagem de esquema remete à ideia de ação do sujeito e este dinamismo é fundamental para a definição e diferenciação de artefato e instrumento, que são elementos básicos desta teoria.

O termo artefato é utilizado por Rabardel (1995) para designar máquinas, objetos técnicos, objetos simbólicos e sistemas. Assim “o artefato (seja material ou não) aporta

¹ Destinado a professores lotados nas escolas localizadas na cidade de Campo Grande.

uma solução para um problema ou uma classe de problemas postos socialmente” (RABARDEL, 1995, p. 60, tradução nossa). A relação do sujeito com os artefatos pode ser analisada sob vários pontos de vista dependendo do uso dentro do sistema de produção e da atividade. Rabardel (1995) destaca as abordagens dos artefatos como sistema técnico, do ponto de vista de suas funções e como meio de ação. Estas duas últimas abordagens nos parecem importantes no sentido em que estamos analisando a apropriação de um software (artefato) pelo professor (sujeito).

Rabardel (1995) conceitua instrumento inicialmente como “o artefato em situação, inserido em um uso, em uma relação instrumental com a ação do sujeito, como um meio para a ação” (RABARDEL, 1995, p. 60). Após uma análise de várias concepções de instrumento o autor apresenta uma síntese na qual o instrumento é visto como mediador entre o sujeito (usuário do instrumento) e o objeto (sobre o qual recai a ação) sendo que esta mediação pode ser epistêmica (do objeto para o sujeito), ou seja, o instrumento é o meio que permite ao sujeito o conhecimento do objeto, ou pragmática (do sujeito para o objeto), neste caso o instrumento é o meio de uma ação transformadora do objeto.

Segundo Rabardel (1995, p. 89) quando esta mediação ocorre numa atividade real as dimensões epistêmicas e pragmáticas interagem constantemente. Consideremos um mecânico (sujeito) que utiliza um *scanner* automotivo (instrumento) para a regulação do motor (objeto) de um veículo. Conectando o *scanner* ao motor do veículo o mecânico tem no visor do *scanner* informações sobre o funcionamento de determinados elementos deste motor que são fundamentais para a ação do mecânico (mediação epistêmica). Utilizando os menus que o *scanner* dispõe o mecânico pode interferir nos parâmetros de funcionamento do motor ajustando-os conforme sua necessidade (mediação pragmática).

Além de mediador o instrumento pode ser meio da ação ou, de forma mais geral, da atividade. Nesta dimensão Rabardel (1995, p. 90) caracteriza os instrumentos segundo a natureza das ações em: instrumento material (quando utilizado para a transformação de um objeto material); ferramenta cognitiva (tomada de decisão cognitiva); instrumento psicológico (gestão da própria atividade) e ferramenta semiótica (interação com o objeto semiótico). Destacamos a dimensão na qual o instrumento é conhecimento:

[...] o instrumento é um meio de capitalização da experiência acumulada (cristalizada, dizem mesmo certos autores). Nesse sentido, qualquer instrumento é conhecimento.

São conhecimentos inseridos durante os processos de concepção, mas também acumulados, pela e através da multiplicidade das situações e dos usos. O instrumento pode, desse ponto de vista, ser considerado como uma das

modalidades de fixação externa dos saberes da espécie. Conhecimentos que o sujeito pode se apropriar através de uma atividade adequada que deve ser desenvolvida de maneira adaptada, e pode, bem entendido, se elaborar com a ajuda de outros sujeitos [...]. (RABARDEL, 1995, p. 91, tradução nossa)

Para Rabardel (1995, p.93) instrumento é “uma totalidade que compreende ao mesmo tempo um artefato (ou fração de artefato) e um ou mais esquemas de utilização”. Um esquema é composto por quatro componentes: “um objetivo, subobjetivos e antecipações; regras em ação de tomada de informação e de controle; invariantes operatórios (conceitos em ação e teoremas em ação); e possibilidades de inferência em situação” (VERGNAUD, 2009, p.21). Rabardel (1995) destaca seu interesse nos invariantes operatórios, pois permite delimitar as características das situações levadas em conta pelo sujeito, sejam elas familiares, nas quais os invariantes já estão constituídos, ou situações em que sua elaboração está em curso.

Ao utilizar um artefato para a realização de uma ação, inicialmente o sujeito deve constituir um esquema, ou um conjunto de esquemas, que serão associados ao artefato formando assim o instrumento que permite realizar a ação. Aos esquemas associados ao uso de um artefato Rabardel (1995) denominou de esquemas de utilização que concernem às duas dimensões da atividade: atividades principais que são orientadas ao objeto da atividade para os quais o artefato é meio para realização; atividades relativas às tarefas secundárias que são aquelas relacionadas às propriedades e características do artefato, são funcionais e podem compreender objetivos próprios. Vejamos um exemplo: o sujeito utiliza um *software* para plotar o gráfico de uma função e para melhorar a visualização de detalhes deste gráfico ajusta o *zoom* da imagem. A plotagem do gráfico é a atividade principal para a qual o sujeito utiliza o *software* e o ajuste do *zoom* da imagem é uma atividade secundária disponibilizada por uma determinada característica do *software* cuja função de possibilitar uma visão com maior ou menor detalhamento do gráfico plotado.

Rabardel (1995) destaca dois níveis de esquema de utilização:

- esquemas de uso que são relativos às tarefas secundárias, ou seja, correspondem às atividades específicas ligadas ao artefato;
- esquemas de ação instrumentada que incorporam, como constituintes, os esquemas de uso. O que os caracterizam é que estão relacionados às atividades principais, ou seja, orientados ao objeto da atividade.

Podemos perceber como os esquemas de ação instrumentada são constituídos pelos esquemas de uso examinando o exemplo anterior, no qual, ao plotar o gráfico de uma

função utilizando um *software* (atividade principal) o sujeito realiza uma ação instrumentada, ou seja, emprega esquemas de ação instrumentada que são constituídos por esquemas de uso (atividade secundária), como acessar o menu para inserir a função que será plotada, selecionar o tipo de gráfico, ajustar o *zoom*, etc. Deve-se observar que o caráter do esquema (de uso ou de ação instrumentada) não se refere a uma propriedade do esquema em si, mas sim ao estatuto deste na atividade finalizada.

Rabardel (1995) apresenta ainda um terceiro nível de esquema de utilização, os esquemas de atividade coletiva instrumentada, porém como esse não foi o foco de nossas análises, esse nível não será discutido nesse texto. Devido ao fato de os esquemas de utilização serem objeto de transmissões e transferências de um usuário a outro, Rabardel (1995) os qualifica como esquemas sociais de utilização e destaca que não devem ser confundidos com esquemas de atividade coletiva instrumentada. Com este aprofundamento Rabardel formula uma definição psicológica do instrumento

[...] instrumento é uma entidade mista que inclui um componente artefato (um artefato, uma parte do artefato ou um conjunto de artefatos) e um componente esquema (ou os esquemas de utilização, eles próprios, muitas vezes ligados aos esquemas de ação mais gerais). Um instrumento é, pois, formado por dois componentes:

- de um lado, um artefato, material ou simbólico, produzido pelo sujeito ou por outros;
- de outro lado, um ou esquemas de utilização associados, resultando de uma construção própria do sujeito, autônomo ou de uma apropriação de ShSU² já formados fora dele. (RABARDEL, 1995, p. 117, tradução nossa).

Assim, um instrumento existirá a partir do momento em que o sujeito desenvolver esquemas de utilização associados a um determinado artefato visando o cumprimento de uma atividade. Esse processo abrange os dois pólos da entidade instrumental (artefato e esquemas de utilização) e é denominado por Rabardel (1995) de gênese instrumental e possui duas dimensões: a instrumentalização e a instrumentação. A gênese instrumental é um processo complexo que busca a integração entre as características do artefato (potencialidades e limitações) e as atividades do sujeito. Este processo ocorre em duas direções: na direção interna, do próprio sujeito, denominada instrumentação, e na direção externa, do artefato, denominada instrumentalização. Para Rabardel (1995) estes processos são assim caracterizados

² ShSU abreviatura utilizada pelo autor para se referir a esquemas sociais de utilização.

- os processos de instrumentalização estão relacionados ao surgimento e à evolução dos componentes artefato do instrumento: seleção, agrupamento, produção e instituição de funções, desvios e catacrese, a atribuição de propriedades, transformação do artefato (estrutura, funcionamento, etc.), que prolongam as criações e realizações dos artefatos, cujos limites são, portanto, difíceis de determinar;
- os processos de instrumentação estão relacionados ao surgimento e evolução dos esquemas de utilização e de ação instrumentada: constituição, funcionamento, evolução por acomodação, coordenação, combinação, inclusão e assimilação mútua, assimilação de novos artefatos aos esquemas já constituídos, etc. (RABARDEL, 1995, p. 137, tradução nossa).

Como vimos o processo de instrumentalização é o processo no qual ocorre o enriquecimento das propriedades do artefato pelo sujeito. Pode, por um lado, estar centrado nas características intrínsecas do artefato, ou seja, em suas funções previamente definidas, constitutivas do artefato, denominadas como funções constituintes. Por outro lado, este processo pode fazer emergir novas funções para o artefato (momentâneas ou duradouras), são extrínsecas e elaboradas durante a gênese instrumental as quais o autor denomina como funções constituídas. (RABARDEL, 1995) O processo de instrumentação se caracteriza pela gênese, assimilação e acomodação dos esquemas. A assimilação de novos artefatos aos esquemas permite uma nova significação a estes artefatos e a acomodação dos esquemas contribui para as mudanças de significação. Assim quando o sujeito utiliza um artefato para a realização de uma determinada atividade recorre à utilização de esquemas familiares. Em síntese, nos dois processos há o desenvolvimento de esquemas. O que os diferenciam são as finalidades destes esquemas. Assim enquanto na instrumentalização o sujeito desenvolve esquemas relacionados às características, potencialidades e limitações do artefato tendo em vista uma determinada tarefa, na instrumentação o sujeito desenvolve os esquemas para utilização deste artefato para a realização de tal tarefa.

3. Análise da apropriação do *software* Grafeq por um professor de matemática

Apresentamos a seguir a análise da resolução da professora Ana³ para duas tarefas, que envolviam o mesmo objeto matemático, a circunferência. Nesta análise fizemos uma separação entre os processos de instrumentalização e de instrumentação para evidenciar as suas características e ocorrências, porém estes dois processos ocorrem de forma contínua e imbricadas, embora em alguns momentos um seja mais evidente que o outro.

A primeira tarefa era reproduzir o “*Smile*”, abaixo, no *Grafeq*.

³ Nome fictício.



Figura 1: Smile a ser reproduzido no Grapheq

Nesta tarefa há três subfiguras que necessitam, para sua construção, da mobilização de conceitos e propriedades da circunferência: a face e os dois olhos do “Smile”. Na segunda tarefa, desenhar a bandeira do Brasil no *Grafeq*, também é necessário mobilizar conceitos de circunferência. Outra característica comum às duas tarefas é a necessidade de mobilizar conhecimentos relativos a inequações para o preenchimento dos desenhos.

Para a análise do desenvolvimento destas tarefas contamos com as imagens das atividades captadas da tela do monitor do computador utilizando para isso o *software Free Screen to Video*, das observações realizadas durante os encontros presenciais e de postagens no AVA com comentários sobre as tarefas.

As imagens foram transcritas com a finalidade de gerar um conjunto de dados que pudessem ser codificados e analisados cuidadosamente (ROSE, 2010, p. 348). A transcrição foi realizada utilizando uma tabela na qual cada linha representava uma descrição (ação) do sujeito, ou seja, retomando o ciclo de ações proposto por Valente (2005), momento em que o sujeito utilizando uma linguagem reconhecida pelo *software* descrevia uma possível solução do problema.

Na tarefa de desenhar o “Smile” a primeira atividade realizada por Ana foi o desenho da face; para isso realizou um total de 66 descrições das quais 31 estão relacionadas ao desenvolvimento/aplicação de esquemas para a utilização do *software* (instrumentalização). Por exemplo: investiga o menu de comandos; seleciona o comando novo gráfico no menu; fecha a janela de “botões fáceis”; etc. Vinte e uma descrições estão relacionadas a esquemas para uso do *software* para a resolução da tarefa proposta (instrumentação). Entre estas descrições podemos citar como exemplo: inserir uma nova relação, digitar a função $y = \text{sen } x$ e plotar seu gráfico; editar a função $y = \text{sen } x$ transformando-a em $y = x$ e plotar seu gráfico; etc. As 14 descrições restantes referem-se ao acesso de arquivos e sites da internet realizados com a finalidade de pesquisar sobre o objeto matemático necessário para a realização da tarefa.

Para desenhar a face do “Smile” e preencher seu interior Ana deveria mobilizar os conceitos de circunferência e de inequação, inserindo a relação,

$((x - a)^2 + (y - b)^2 \leq r^2)$, onde (a, b) é a coordenada do centro da circunferência e r o seu raio.

Nesta atividade Ana realizou 21 descrições utilizando algum tipo de relação algébrica, sendo que 14 foram com objetos matemáticos inadequados para a solução desejada, ou por não ser a equação da circunferência ou por apresentar alguma definição de intervalo que não correspondia à área que deveria ser preenchida. Foram realizadas 7 descrições com o objeto matemático adequado – a equação da circunferência – para ajustar a medida do raio e o posicionamento da circunferência em relação aos eixos cartesianos.

Analisando de forma qualitativa esta primeira atividade, podemos perceber que antes de Ana obter as relações algébricas que possibilitaram a conclusão da atividade, ela realizou diversas vezes o Ciclo de Ações (VALENTE, 2005). Vejamos a seguir, em um recorte dessa atividade, como o ciclo de ações fica caracterizado.

- Ana descreve uma relação algébrica ($x = y$), utilizando a linguagem matemática reconhecida pelo *software*, para iniciar o desenho da face do “Smile”; após o processamento recebe como resposta o gráfico da função descrita. Destacamos que, por uma provável dificuldade relacionada aos conhecimentos matemáticos, Ana descreve uma função de 1º grau, quando deveria utilizar a equação da circunferência.

- Ana reflete sobre a resposta obtida percebendo que precisa usar a equação da circunferência; como não se lembra da equação solicita a um colega que lhe informe a equação da circunferência e então realiza uma nova descrição: $(x - 2)^2 + (y - 2)^2 = 3^2$.

- Novamente Ana analisa a resposta obtida e comenta que a circunferência não estava com o centro na origem do sistema cartesiano como esperava. Neste momento solicitamos que comparasse a equação reduzida da circunferência com a equação que havia digitado, e perguntamos qual a coordenada do ponto em que estava o centro da circunferência descrita por ela.

Após algumas conjecturas Ana percebe que o centro da circunferência está no ponto $(2, 2)$ e relaciona essa coordenada com a equação reduzida da circunferência. Aponta como hipótese que os parâmetros a e b da equação $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$ representam as coordenadas do centro da circunferência. Para confirmar sua hipótese realiza uma nova descrição ($x^2 + y^2 = r^2$) atribuindo o valor zero aos parâmetros a e b pretendendo com isso que o centro da circunferência esteja localizado na origem do sistema cartesiano.

- Ana edita a descrição anterior e atribui $r = 3$, obtendo a descrição $x^2 + y^2 = 3^2$.

- Com a plotagem dessa última descrição Ana percebe que sua hipótese estava correta e que o centro da circunferência estava localizado na origem do sistema cartesiano.

O próximo passo para a conclusão da face do “Smile” é o preenchimento da região delimitada pela circunferência. Verifica-se que Ana, mobilizando esquemas desenvolvidos na utilização de outros *softwares*, o que Rabardel (1995) classifica como utilização de esquemas familiares, tenta localizar uma ferramenta que possibilite este preenchimento. Como o *Grafeg* não possui tal ferramenta Ana conversa com seus colegas e revendo anotações sobre uma tarefa realizada anteriormente com este *software* percebe que o preenchimento é o resultado da definição de regiões e que para isso deve utilizar inequações. Ana retoma a relação que representa a face do “Smile” e faz novas descrições; algumas destas descrições podem ser vistas na figura 1.

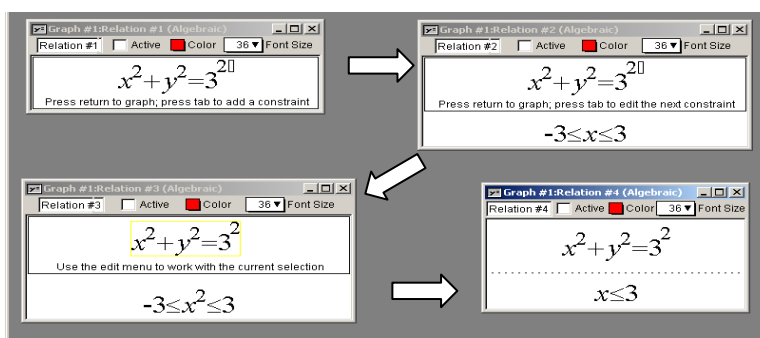


Figura 2 – Descrições para preenchimento da circunferência que representa a face do “Smile”

Após várias tentativas Ana faz uma descrição editando a equação reduzida da circunferência ($x^2 + y^2 \leq 3^2$) e consegue preencher a circunferência que representa a face do “Smile”. Para a realização desta atividade Ana necessitou de 32 min e 52 seg de um total de 1h e 32 min que foi utilizada para finalizar a tarefa de desenhar o “Smile”. Podemos observar que para desenhar o olho esquerdo do “Smile”, por ser uma atividade semelhante a desenhar a face, Ana mobiliza os mesmos esquemas utilizados anteriormente. Das 14 descrições realizadas nessa atividade, 12 representam aplicação de esquemas de ação instrumentada e apenas 2 descrições referem-se à investigação de componentes do artefato. Esta proximidade entre as duas atividades fica também evidenciada na quantidade de objetos matemáticos adequados para a solução. Ana realizou 6 para posicionar e ajustar o olho esquerdo na face do “Smile” e as 2 descrições com objetos matemáticos inadequados referem-se às tentativas de preenchimento da circunferência que representa o olho. Ana concluiu esta atividade após 9 min e 52 seg.

O desenho do olho direito do “*Smile*”, por ser uma repetição das atividades anteriores, é realizado com número menor de descrições. Isso ocorre porque Ana utiliza os esquemas de ação instrumentada desenvolvidos na resolução das outras atividades e com apenas 5 descrições desenha, posiciona, dimensiona e preenche a circunferência. O objeto matemático utilizado nesta atividade também é o mesmo das anteriores sendo que Ana apenas precisou alterar as coordenadas do centro da circunferência, adotando para isso um valor simétrico, em relação ao olho esquerdo, para a abscissa do ponto do centro da circunferência. Esta atividade foi concluída em 6 min e 28 seg.

Na tarefa de desenhar o esboço da bandeira do Brasil o desenho do círculo azul foi a terceira atividade desenvolvida por Ana e foi a que demandou menos tempo (2 min e 40 seg) e o menor número de descrições desta tarefa. Acreditamos que isso ocorreu por se tratar de uma atividade em que o objeto matemático necessário era a equação da circunferência, conceito bastante explorado na tarefa anterior. Foram realizadas sete descrições, todas representando ações instrumentadas. Em apenas uma delas, o objeto matemático não foi totalmente adequado, pois era uma equação e deveria ser uma inequação.

4. Considerações finais

Nessa pesquisa, a Teoria da Atividade Instrumentada (RABARDEL, 1995) nos permitiu analisar o processo de gênese instrumental da tecnologia pelo professor de matemática para fins pedagógicos. O Ciclo de Ações e da Espiral de Aprendizagem (VALENTE, 2005) nos auxiliou na análise do desenvolvimento dos esquemas de uso (instrumentalização) e de ação instrumentada (instrumentação) que ocorrem durante o processo de gênese instrumental do professor.

Nas atividades desenvolvidas por Ana pode-se constatar a ocorrência das ações de descrição-execução-reflexão-depuração constituintes do ciclo de ações (VALENTE, 2005). Este ciclo de ações está presente tanto nos momentos de instrumentalização, quando Ana está investigando as características, potencialidades e limitações do *software* (artefato) e desenvolvendo os esquemas de uso do mesmo, quanto nos momentos de instrumentação, quando Ana desenvolve os esquemas de utilização e usa (ação instrumentada) o *software* (instrumento) para a resolução da atividade.

Percebe-se ainda a influência do meio social, aqui constituído por colegas e pelo uso da internet, e do agente de aprendizagem, neste caso professores e tutores, nas fases de descrição, reflexão e depuração realizadas por Ana. As informações trocadas com colegas, professores/tutores ou obtidas da internet são depuradas por Ana e “assimiladas pela estrutura mental (passa a ser conhecimento) e utilizada no programa para modificar a descrição anteriormente definida” (VALENTE, 1999, p. 91).

Segundo Valente (1999, p. 91) “a reflexão pode produzir diversos níveis de abstração” sendo a mais simples denominada de abstração empírica que “permite ao aprendiz extrair informações do objeto ou das ações do objeto”. Outro nível, a abstração pseudo-empírica, “permite ao aprendiz deduzir algum conhecimento da sua ação ou do objeto”. Nesses dois níveis de abstração (empírica e pseudo-empírica) o aprendiz ainda está muito dependente dos resultados empíricos e as depurações podem ser vistas como pequenos ajustes e não como mudanças conceituais (VALENTE, 2005, p. 68). A observação da resolução das tarefas propostas nos leva a inferir que, em relação aos objetos matemáticos utilizados, as abstrações realizadas por Ana podem ter ficado restritas a abstrações empíricas e pseudo-empíricas, pois não temos elementos suficientes para determinar se ocorreram mudanças conceituais em relação a tais objetos.

O nível de abstração em que ocorrem mudanças conceituais e a construção de novos conhecimentos é chamado de abstração reflexionante. Os novos conhecimentos podem ser produzidos a partir das informações provenientes de abstrações empíricas ou pseudo-empíricas que são projetadas para níveis superiores do pensamento onde são reorganizadas (VALENTE, 2005, p.68). Pelo observado podemos inferir que este tipo de abstração ocorreu no processo de gênese instrumental de Ana relativo ao *software Grafeq*. A cada atividade desenvolvida por Ana utilizando o *software* pode-se perceber a sua evolução do patamar de artefato ao de instrumento. Pela definição apresentada por Rabardel (1995) o instrumento é constituído pelo artefato e pelos esquemas de utilização associados ao artefato, sendo que estes esquemas de utilização são uma construção própria e autônoma do sujeito. Assim acreditamos que, no caso de Ana, o desenvolvimento destes esquemas foi além das abstrações empíricas e pseudo-empíricas produzindo novos conhecimentos relacionados à utilização do *software*. Isso foi evidenciado nas atividades descritas anteriormente, nas quais é possível perceber o desenvolvimento de esquemas de ação instrumentada para desenhar a circunferência e a assimilação destes esquemas fez com que o número de descrições e o tempo para realização das atividades diminuíssem.

Considerando todas as atividades desenvolvidas e o planejamento de uma aula utilizando o *software Grafeq* para o estudo de funções e inequações do 1º grau foi possível perceber que Ana apropriou-se deste *software* para a realização deste tipo de tarefa. Porém a utilização deste *software* para outros tipos de tarefas pode fazer com que novos esquemas de utilização sejam desenvolvidos e é devido a esta dinamicidade que podemos afirmar que Ana está em processo de instrumentação.

Podemos perceber que em determinadas atividades Ana apresentou dificuldade para identificar que conteúdo matemático, ou propriedades deste, eram necessários para a resolução da atividade. Esta dificuldade foi relatada por Ana em suas postagens no AVA

[...] Esta atividade é sobre o sol que fizemos no último encontro. Também achei mais difícil que a primeira pois tive que lembrar conceitos que em particular não via a algum tempo, com ajuda da internet para lembrar algumas funções sobre circunferência e dos colega presente no encontro consegui construir a figura. [...] (ANA, 3/11/2011, 10h e 59 min)

[...], realmente estou tendo que ter mais cuidado na hora de colorir os intervalos isso ainda não está automático, talvez isso ocorra por não trabalhar muito com inequações.[...] (ANA, 18/11/2012, 9h e 19 min)

Dificuldades relacionadas ao conhecimento matemático fizeram com que Ana necessitasse de mais tempo e de um número maior de descrições para a realização de uma atividade e até mesmo não completasse alguma das tarefas propostas. Estes fatos nos levam a concluir que o conhecimento matemático do professor influencia diretamente seu processo de instrumentação.

5. Referências

ALMEIDA, M. E. B. **Informática e formação de professores**. Brasília. Ministério da Educação, 2000. (Coleção Informática para mudança na Educação).

ARAUJO, J. L.; BORBA, M. C. Construindo Pesquisas Coletivamente em Educação Matemática. In: BORBA, M. C. (Org.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática** – 3ª ed. – Belo Horizonte: Autêntica, 2010. p. 27–47.

BITTAR, M. Informática na Educação e formação de Professores no Brasil. **Série-Estudos (UCDB)**, Campo Grande - MS, v. 10, p. 91-106, 2000.

BITTAR, M. A Incorporação de um Software em uma Aula de Matemática: uma análise segundo a abordagem instrumental. In: ALLEVATO, N. S. G.; JANN, A. P. (Org.) **Tecnologias e Educação Matemática: ensino, aprendizagem e formação de professores**. Recife: SBEM, 2010. p. 209–225.

BITTAR, M.; GUIMARÃES, S. D.; VASCONCELLOS, M. A Integração da Tecnologia na Prática do Professor que Ensina Matemática na Educação Básica: uma proposta de pesquisa-ação. **REVEMAT – Revista Eletrônica de Educação Matemática**. V. 3.8, UFSC, 2008. p. 84–94.

BORBA, M. C. **Informática e Educação Matemática** – 4ª Ed. – Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

BRANDÃO, P. C. R. **O uso de software educacional na formação inicial do professor de Matemática**: uma análise dos cursos de licenciatura em Matemática do Estado de Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mestrado em Educação, Campo Grande, 2005.

CORAÇA, A. R. R. **O Uso do Computador na Prática Pedagógica de Professores de Matemática que Atuam como Professores de Tecnologia**. Dissertação de Mestrado em Educação Matemática – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, UFMS, Campo Grande, 2010.

RABARDEL, P. **Les Hommes & Les Technologies**: approche cognitive des instruments contemporains. Paris: Armand Colin Éditeur, 1995.

ROSE, D. Análise de imagens e movimento. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Org.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**: um manual prático. Tradução: GUARESCHI, P. A. – 8ª Ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2010. p. 343-364.

SCHERER, S. **Uma Estética Possível para a Educação Bimodal: Aprendizagem e Comunicação em Ambientes Presenciais e Virtuais**. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2005.

VALENTE, José Armando (Org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VALENTE, J. A. **A Espiral da Espiral de Aprendizagem**: processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação. Tese de Livre Docência. Campinas:[s.n.], 2005.

VERGNAUD, G. La théorie de champs conceptuels. **Recherches em Didactique de Mathématiques**, Editora La Pensée Sauvage, Grenoble, França, 1990, v.10, n. 2.3, p 133-170.

VERGNAUD, G. O que é aprender? In: BITTAR, M.; MUNIZ, C. A. (Org.) **A Aprendizagem matemática na perspectiva da teoria dos campos conceituais** – 1ª ed. – Curitiba: Editora CRV, 2009. p. 13-35.