



Sistema de ações para melhorar o desempenho dos alunos na atividade de situações problema em matemática.

Héctor José García **Mendoza**

Universidade Federal de Roraima (UFRR)

Brasil

hector@dmate.ufrr.br

Oscar **Tintoter** Delgado

Universidade Estadual de Roraima (UERR)

Brasil

tintorer@bol.com.br

Resumo

Esta pesquisa propõe um sistema de quatro ações para o ensino na resolução de problema em matemática na educação superior baseado na teoria psicológica de formação por etapas das ações mentais de Galperin, na direção do processo de ensino aprendizagem fundamentada pela teoria geral da direção, os princípios de resolução problema de Polya e com apoio de um programa do tipo sistema de computação algébrica ao que se denomina Atividade de Situações Problema em Matemática. Foi realizado um estudo quase experimental e um estudo de caso, em ambos se trabalhou com alunos da disciplina de Álgebra Linear do curso de bacharelado em Sistema de Informação da Faculdade Atual da Amazônia. Utilizando dados quantitativos e qualitativos obtidos durante o processo investigativo, concluiu-se que o ensino centrado na resolução de problemas matemáticos resultou mais eficaz utilizando Atividade de Situações Problema em Matemática comparada com os métodos tradicionais.

Palavras chaves: teoria da atividade, resolução de problemas, atividade de situações problema em matemática.

Introdução

Em muitas ocasiões os métodos de ensinamentos aplicados para a resolução de problemas matemáticos têm a característica principal de serem tradicionais, no sentido de que utilizam ditas resoluções como aplicações dos conteúdos e não como conteúdos que resultam necessários para aplicar na ciência e na vida cotidiana. Frente a este sistema clássico, se entende que o ensino deve focar-se desde o ponto de vista do problema, pelo que cada problema matemático há de situar-se no centro da aprendizagem do aluno.

Existem professores em que seus princípios para ensinar estão baseados na experiência pessoal e no bom senso sem utilizar teorias psicopedagógicas e quando são usadas às vezes são desvirtuadas em suas interpretações. Se junta ao anterior a falta de políticas educacionais eficazes e que a resolução de problemas matemáticos são mais um estudo teórico sem visar à importância para a formação dos futuros profissionais.

Outro elemento de interesse neste sentido, é o fato de que em provas de diagnósticos prévios a presente pesquisa em alunos do curso de bacharelado em Sistemas de Informação da Faculdade Atual da Amazônia no estado de Roraima - Brasil, se comprovou o baixo rendimento na resolução de problemas matemáticos e a falta de uma metodologia efetiva para a resolução de tais problemas.

Ante tais problemáticas a pesquisa propôs um sistema de ações que melhore a aprendizagem dos alunos na resolução de problema matemáticos em que seu modelo matemático se reduza a sistema de equações lineares na disciplina de Álgebra Linear. O sistema de ações está fundamentado pela teoria psicopedagógica da atividade.

Uma vez iniciado o estudo, surge de forma natural a seguinte interrogante: a utilização do sistema de ações melhorara a aprendizagem dos alunos na resolução de problemas matemáticos? Por conseqüente a pesquisa propôs estudar o efeito do sistema de ações na Atividade de Situações Problema na disciplina de Álgebra Linear do curso de bacharelado em Sistema de Informação da Faculdade Atual da Amazônia.

Atividade de situações problema em matemática.

A teoria da atividade tem sua origem na teoria sócio-cultural de Vigotski onde o sujeito se relaciona com o mundo através da atividade, segundo Leóntiev é um sistema de ações com operações para alcançar um objetivo e este último deve coincidir com a motivação do sujeito. A atividade no processo de ensino aprendizagem deve passar por cinco etapas qualitativas antes de ser interna (Talízina, 1988).

A teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin coloca que a transformação da atividade externa a interna está formada por cinco etapas que são: 1ª etapa, formação do esquema da base orientadora da ação; 2ª etapa, formação da ação em forma material ou materializada; 3ª etapa, formação da ação como verbal externa; 4ª etapa, formação da linguagem externo para si; 5ª etapa, formação da ação na linguagem interno (Talízina, 1984, 1988, 1994).

A transformação da atividade está conduzida pelos princípios de direção do processo de ensino aprendizagem fundamentada pela teoria geral da direção, que deve ser cíclica e transparente formada pelos seguintes elementos: i) objetivo de direção ou de ensino, ii) o estado de partida da atividade psíquica dos alunos, iii) os principais estados do processo de assimilação, iv) o enlace de retorno no ensino e v) a correção do processo de estudo (Talízina, 1984, 1988, 1994).

Na atualidade os programas informáticos constituem um fator importante e positivo desde o ponto de vista metodológico para o processo de ensino aprendizagem, pelo que os docentes devem conhecer todas suas potencialidades e estratégias de trabalho que é possível adotar sobre a base de distintas teorias psicopedagógicas. Os sistemas de computação algébrica são programas especializados para cálculos matemáticos e podem ser utilizados como ferramentas de trabalho no processo de ensino aprendizagem, permitindo solucionar problemas matemáticos com maior complexidade e dedicar mais tempo ao pensamento lógico. Nesta pesquisa foi selecionado o sistema de computação algébrica Derive pela simplicidade de seu ambiente de trabalho, potencialidade e acessibilidade dos preços (Mendoza, 2009).

Para Ausubel, Novak & Hanesian (1999), a resolução de problema se refere a qualquer atividade, na qual a representação cognoscitiva da experiência prévia como os componentes de uma situação problema presente, são reorganizados para alcançar um objetivo predeterminado.

Dante (1998) define um problema matemático como qualquer situação que exija do pensamento matemático e dos conhecimentos matemáticos para sua solução. Ele classifica os problemas em seis tipos: exercícios de reconhecimento, exercícios de algoritmos, problemas padrões ou típicos, problemas heurísticos, situações problema e problemas quebra-cabeças. Nos problemas heurísticos a solução não se encontra diretamente no enunciado, necessitam serem traduzidos a um modelo matemático para suas soluções posteriormente serem resolvidos. As situações problema refletem a vida real, exigem da investigação, levantamentos de dados e são altamente motivadores.

Todo ato mental real do sujeito começa de algum motivo e o fator inicial do processo mental é, por regra geral, a situação problema. É assim como o homem começa a pensar quando sente a necessidade de compreender algo, e esse pensar no geral estabelece o enfrentamento com o problema (Rubinstein, 1970).

Os princípios para a resolução de problemas matemáticos, segundo Polya (1975) devem ter em consideração as seguintes etapas: i) compreender o problema, ii) estabelecimento de um plano, iii) execução de um plano e iv), retrospectiva. Em cada uma destas etapas existe um conjunto de perguntas e indagações para levar o aluno pela direção desejada.

É necessário advertir que Talízina (1988, p 202) critica os trabalhos de Polya, ao indicar: “... estes trabalhos supõem taticamente que os alunos são capazes de realizar a atividade indispensável. Se considera o pensamento como certa função abstrata já existente e que a tarefa consiste somente fazê-lo trabalhar na direção necessária”

O pensamento abstrato é produto do caráter abstrato da ação, é resultado da transformação da forma material a forma mental, com um alto grau de generalização e utilizando sobre a base da orientação geral, completa das ações e obtida pelos alunos de forma independente.

Comparando a teoria da atividade através da formação das ações mentais de Galperin, utilizando os princípios da direção do processo de estudo com o apoio dos meios técnicos, as regras de Polya para a resolução de problemas matemáticos tem as seguintes deficiências: a solução dos problemas matemáticos é fundamentadas sobre regras sem o apoio de uma teoria de aprendizagem; não estabelece a relação de transformação da ação em forma material à mental; a direção do processo de estudo não fornece garantia da eficiência do processo de assimilação e não são considerados os meios técnicos no processo de direção e aprendizagem.

Sustentada pela teoria psicológica de formação por etapas das ações mentais, a direção do processo de estudo, os princípios de resolução de problemas de Polya e apoiado por um sistema de computação algébrica foi criado a Atividade de Situações Problema em Matemática. Dita atividade está formada por um sistema invariante de quatro ações: i) compreender o problema, ii) construir o modelo matemático, iv) solucionar o modelo matemático e iv) interpretar a solução. Em cada ação existe um conjunto de operação com intuito de realizar as ações (Mendoza, 2009; Tintorer, Mendoza & Castañeda, 2009; Mendoza & Tintorer, 2010).

A Atividade de Situações Problema em Matemática tem como objeto de estudo os problemas matemáticos com o objetivo de prover aos alunos de estratégias eficazes para melhorar o desempenho na resolução de problemas. Esta atividade externa deve passar por cinco etapas qualitativas de formação por etapas das ações mentais até chegar ser interna, com alunos motivados utilizando um sistema de computação algébrica, norteados pela direção do processo de estudo (Mendoza, Ortiz & Moreno, 2009)

A partir da Atividade de Situações Problema em Matemática foi criado a Atividade de Situações problema em sistema de equações lineares formado pelo sistema de ações: i) compreender o problema, ii) construir o sistema de equações lineares, iii) solucionar o sistema de equações lineares e iv) interpretar a solução. Em cada ação tem as operações específicas para o tema sistema de equações lineares.

Para uma maior eficácia da orientação das ações deve realizar-se sempre completa, gerais e o aluno deve obtê-la de forma independente, o que se chamará base orientadora da ação do tipo três. Quando existe procedimento algoritmos gerais predeterminados nas ações, a forma de obtenção das ações pelos alunos é preparada pelo professor o que chamará a base orientadora do tipo quatro. Quando se pretende uma aprendizagem com poucos erros e rápido, as ações devem ser concretas ou casos particulares, completas e preparadas pelo professor, mas este tipo de orientação tem a limitação de pouca eficácia de transferências das ações para novas situações. Esta última é nominada de base orientadora da ação do tipo dois (Talízina, 1988).

Um elemento importante é a medição e avaliação da Atividade de Situações Problema em matemática quando é aplicado como uma metodologia de ensino na resolução de problemas matemáticos. Ausubel (1999) coloca que a medição e avaliação são centrais para a aprendizagem na sala de aula porque permite: comparar os conteúdos prévios com outros conhecimentos proporcionados posteriormente; dirige e controla a aprendizagem progressiva para corrigi-lo, classificá-lo e consolidá-lo; comporta avaliar a eficácia dos diferentes métodos de ensinos; organiza e apresenta a sequência dos conteúdos.

Segundo Frida & Hernández (2002) classifica as técnicas de avaliação como informais, semi-formais e formais. As informais se distinguem porque o professor apresenta a avaliação ao aluno como uma ação não avaliativa, o qual é ideal para valorar seus desempenhos e como se encontram nesse momento. Esta pode ser identificada como: observação das atividades realizadas pelos alunos e exploração por meios de perguntas formuladas pelo professor durante a aula.

As técnicas semi-formais se caracteriza por requerer de maior tempo de preparação e exige respostas mais elaboradas que as informais, os alunos percebem mais como atividades de avaliação. Esta pode ser identificada como: os trabalhos e exercícios que os alunos realizam em aula, as tarefas e trabalhos que os professores encomendam a seus alunos fora da aula e a avaliação de coleção de produções ou trabalhos que permitam analisar a aprendizagem.

Por último as técnicas formais são utilizadas em formas periódicas ou finaliza um ciclo completo do processo de ensino aprendizagem, elas exigem de um procedimento de planejamento e elaboração mais sofisticado e são aplicados em situações que demandam de maior grau de controle.

Dentro das técnicas formais se encontram as provas de lápis e papel, a qual será considerada neste trabalho como avaliação de desempenho na resolução de problemas matemáticos constituindo uma variante da tradicional prova de lápis e papel. Esta técnica consiste em apresentar situações reais ou simuladas de problemas onde os alunos devem demonstrar suas habilidades na resolução.

Fundamentação metodológica

O estudo se enquadra numa pesquisa de corte misto, ou seja, tanto quantitativo como qualitativo, tendo em consideração por um lado os objetivos que se pretendem alcançar e por

outro lado o objeto que dito enfoque misto nos permite, na medida em que seja possível, tanto conhecer, como compreender o acontecido, além de que a combinação de ambas as estratégias metodológicas ampliará as possibilidades de conhecer o fenômeno a estudar.

O marco metodológico em que tem sido situada a investigação demanda o emprego de métodos, técnicas e instrumentos que coadjuvem a coleta de dados e interpretação dos mesmos. A observação direta, considerada próxima a observação participativa, centrada em notas de campos, relatórios, provas de lápis e papel, tem sido essencial na investigação realizada, porque se adéqua ao âmbito de conhecimento, evitando o reducionismo e a contextualização inadequada. O tipo de observação realizada se ajusta ao concebido como direto, mas sua frequência intensa examina rasgos próximos a participativa como se tem mencionado anteriormente.

Fundamentalmente tem-se utilizado provas de lápis e papel, que permitiu ir conhecendo o processo de aprendizagem de forma rigorosa e minuciosa, para medir o nível alcançado nos alunos na aprendizagem de resolução de problemas matemáticos. Também estas se combinaram com provas orais. Os alunos sempre utilizavam o computador através do programa Derive para realizar os cálculos.

A hipótese da pesquisa é: a aplicação do sistema de ações melhorará a aprendizagem dos alunos na Atividade de Situações Problema na disciplina de Álgebra Linear do curso de bacharelado em Sistemas de Informação da Faculdade Atual da Amazônia, quando se utiliza a teoria psicológica de formação por etapas das ações mentais, a teoria geral de direção do processo de estudo, o sistema de computação algébrica Derive e a motivação do alunado.

Define-se na pesquisa a variável qualitativa (X) sistema de ações da ASP¹ e a variável (Y) aprendizagem da ASP em Matemática como quantitativa e qualitativa. Também se assumem as variáveis qualitativas intervenientes que modificam a relação, as quais são: i) etapas de formação das ações mentais (E), ii) direção do processo de estudo (D), iii) sistema de computação algébrica Derive (P) e por último iv) a motivação dos alunos na ASP em Matemática.

A definição conceitual da variável “X” é sistema de quatro ações invariantes que forma parte da Atividade de Situações Problema em Matemática e da variável “Y” as habilidades na resolução de problema matemático.

Operacionalmente a variável “X” é definida como a utilização do sistema de ações pelos alunos e a variável “Y” o níveis alcançados na resolução de problemas matemáticos que está formada por quatro dimensões relacionadas com o sistema de ações, nominadas Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 . O significado das variáveis é: “ Y_1 ”, nível da ação compreender o problema; “ Y_2 ”, nível da ação construir o modelo matemático; “ Y_3 ”, nível da ação solucionar o modelo matemático e “ Y_4 ”, nível da ação interpretar a solução.

A sua vez em cada dimensão (Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4) estará formada por itens, onde uma delas é considerada como a condição mínima que deve dominar o aluno a qual foi denominado “critério de aprovação”. Os indicadores da dimensão Y_1 são: a) o aluno extrai os dados do problema?; b) o aluno determina as condições do problema?; c) o aluno define o(s) objetivo(s) do problema? e critério de aprovação é o item c).

Na dimensão Y_2 os indicadores são: a) determinar as variáveis e incógnitas; b) nominar as variáveis, incógnitas com suas medidas; c) construir o modelo matemático a partir das variáveis

¹ Siglas que significa a Atividade de Situações Problema

e incógnitas e condições; d) realizar análises das unidades de medidas do modelo matemático e critério de aprovação é o item c).

Indicadores da dimensão Y_3 são: a) selecionar o(s) método(s) matemático(s) para solucionar o modelo matemático; b) selecionar um programa informático que contenha os recursos necessários do(s) método(s) matemático(s) para solucionar o modelo matemático; c) solucionar o modelo matemático e o critério de aprovação é o item b).

Por último na dimensão Y_4 os indicadores são: a) interpretar o resultado; b) extrair os resultados significativos que tenham relação com o(s) objetivo(s) do problema; c) dar resposta ao(s) objetivo(s) do problema; d) realizar um relatório baseado no(s) objetivo(s) do problema; e) analisar a partir de novos dados e condições que tenham relação direta ou não com o(s) objetivo(s) do problema, a possibilidade de reformular o problema, construir novamente o modelo matemático, solucionar o modelo matemático e interpretar a solução e o critério de aprovação é c).

Para designar o resultado quantitativo a cada dimensão (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) será utilizado uma escala de 1 até 4 pontos com o critério: se o aluno tem somente correto o indicador de aprovação obterá a qualificação de três (3); se todos os indicadores estão incorretos obterá a qualificação de um (1); se todos os indicadores estão corretos obterá a qualificação de cinco (5); se o indicador de aprovação está incorreto ou parcialmente incorreto, obterá a qualificação de dois (2); se o indicador de aprovação está correto, mas existe pelo menos outro indicador parcialmente correto obterá a qualificação de quatro (4).

O cálculo da variável “Y” é calculado como a soma das variáveis Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 , ou seja, expressada numa escala de 4 a 20 pontos. Utilizando um estudo empírico se concluiu que os alunos com pontuações entre “4-7” são alunos que não tem habilidades no sistema de ações, com exceção as pontuações 6 e 7 que começam os primeiros intentos de compreender o problema. Os alunos com pontuações entre “8-11” compreendem o problema e construíam um modelo matemático com muitos erros, que posteriormente tentam resolver, por conseqüente não interpretam.

Os alunos com resultados entre “12-15” conseguem compreender o problema, construíram o modelo com imprecisões, resolvem o modelo que apresenta erros, mas dadas as imprecisões na construção no modelo matemático apresentam muitas ambigüidades ou não conseguem realizar a interpretação. Por último no intervalo de “16-20”, são alunos apresentam habilidades nas três primeiras ações e começam a interpretar a solução com imprecisões até realizar sem erros.

Para a coleta de dados da variável aprendizagem da ASP em Matemática “Y”, quantitativamente foi tratada a partir da técnica formal da prova de lápis e papel. Esta prova juntamente com as técnicas informais da observação direta, perguntas, aulas práticas, seminários e as técnicas semi-formais a partir de listas de exercícios de problemas para ser realizada fora da sala de aula, formaram partes da coleta qualitativa da variável aprendizagem. Preparou-se guias para as observações nas aulas com o objetivo de coletar dados sobre: a direção do processo de estudo (D), aplicação do sistema de computação algébrica Derive (P) e elementos sobre a motivação dos alunos (M). Também foram utilizadas entrevistas com os professores que ministravam aulas para coletar informações relacionadas com todas as variáveis e um questionário aos alunos buscando elementos sobre motivação.

A pesquisa está dividida em três momentos, primeiramente foi realizado um diagnóstico, posteriormente um estudo quase experimental e por último um estudo de caso. No momento inicial se fez uma análise do contexto da pesquisa Faculdade Atual da Amazônia durante três semestres anteriores a pesquisa, foram aplicadas provas diagnóstica de lápis e papel com 182 alunos para conhecer o nível na resolução de problema. Este momento inicial foi utilizado para testar os instrumentos e realizar as correções necessárias.

No estudo quase experimental, o objetivo principal foi estudar a efetividade do sistema de ações na aprendizagem na resolução de problema. A amostra é não probabilística porque depende do planejamento da Faculdade Atual da Amazônia, o número de grupos e alunos que devem entrar por semestre e também se os alunos obtêm as qualificações exigidas para seu ingresso. A população e a amostra coincidem no semestre letivo da pesquisa, foram 26 alunos divididos em dois grupos de 13 alunos na disciplina de Álgebra Linear. Os professores que trabalharam no grupo experimental e de controle têm mais de 25 anos de experiência como professor no ensino superior.

Foi dividida a pesquisa em quatro fases, na fase I corresponde com a formação dos grupos e nível de partida dos alunos na ASP em Matemática, na fase II está relacionada com as etapas de orientação das ações e a material, na fase III está alistada a etapa verbal externa e a última fase está associada com as etapas verbal externa para si e interna.

Na tabela 1 é usada a seguinte legenda G_1 e G_2 são o grupo experimental e de controle respectivamente. O símbolo O_1 até O_8 são as médias aritméticas do desempenho individual em cada grupo da variável aprendizagem na ASP em Matemática (Y) através de provas de lápis e papel.

Tabela 1

Planejamento da pesquisa quase experimental

Fase I		Fase II			Fase III		Fase IV		
G_1	O_1	X_{E1}	X_{E2}	O_2	X_{E3}	O_3	X_{E4}	X_{E5}	O_4
G_2	O_5	-	-	O_6	-	O_7	-	-	O_8

O símbolo X_{E1} , X_{E2} , até X_{E5} está relacionada com as etapas mentais e a aplicação do estímulo do sistema das quatro ações: compreender o problema, construir o modelo matemático, solucionar o modelo matemático e interpretar a solução. Na primeira etapa é a orientação das ações, segunda etapa a realização das ações materiais e assim sucessivamente até a quinta etapa das ações mentais.

No estudo quase experimental a fase I é criado o grupo experimental e de controle tomando como critério a variável “Y” utilizando a técnica de nivelamento e posteriormente foi aplicado o teste de Wilcoxon – Mann - Whitney² (O_1 vs O_5) para provar a validade interna da pesquisa e equivalência entre os ambos grupos.

No grupo experimental o ensino está centrado na resolução de problema, enquanto no grupo de controle são aplicações dos problemas ao final de cada tema. Na fase II do grupo experimental são aplicados estímulos que correspondem ao sistema de ações na primeira e segunda etapa de formações das ações mentais, no grupo de controle não são aplicados estímulos. Ao finalizar a etapa é realizado uma prova de lápis e papel para analisar a

² Teste estatístico não paramétrico, por conveniência se estará chamando teste de Wilcoxon e nas tabelas é identificado por Teste W

aprendizagem (Y) em cada grupo e por conseguinte é aplicada o teste de Wilcoxon para comparar (O_2 vs O_6) o quanto influenciou o sistema de ações na aprendizagem.

Assim sucessivamente se repete o processo para as restantes fases com suas correspondentes etapas de formação das ações mentais. Finalmente é realizada uma comparação do nível de partida e final na aprendizagem no grupo experimental (O_1 vs O_4) e no grupo de controle (O_5 vs O_8) é utilizado o teste de Wilcoxon para saber quanto avançaram cada grupo.

No estudo de caso foi considerado como estratégia de pesquisa, um método que abrange a lógica do planejamento, as técnicas de coleta de dados e abordagens específicas à análise dos mesmos. Ou seja, representam uma maneira de investigar um tópico empírico seguindo-se um conjunto de procedimentos pré-específicos para aprofundar numa unidade de análise para responder a um problema da pesquisa ou desenvolver alguma teoria. Classificam-se os estudos de casos pelo número de casos e unidade de análise. Enquanto o número de casos a tipologia considera um caso ou vários casos. A unidade de análise se subdivide em um caso holístico, na qual todo caso é tomado como unidade de análise e um caso com unidades incorporadas, ou seja, onde existem varias unidades de análise dentro do caso (Yin, 2005).

No estudo de caso se precedeu de forma parecida ao estudo quase experimental (ver tabela 2); se trabalhou com características muito similares ao grupo experimental, mas com a diferença que não existe comparação com outro porque se trabalhou com um único grupo de 11 alunos na mesma disciplina em um semestre posterior. A unidade de análise é a aprendizagem dos alunos na ASP em Matemática pelo qual constitui um estudo de caso holístico.

Tabela 2

Planejamento da pesquisa estudo de caso

Fase I		Fase II			Fase III		Fase IV		
G_3	O_9	X_{E1}	X_{E2}	O_{10}	X_{E3}	O_{11}	X_{E4}	X_{E5}	O_{12}

Legenda: G_3 grupo estudo de caso; O_9 até O_{12} resultados das provas de lápis e papel

Os instrumentos quantitativos foram construídos visando os requisitos de confiabilidade, validade e objetividade. Para analisar confiabilidade foi utilizado o coeficiente de alfa Cronbach. A construção dos instrumentos qualitativo foi realizada sobre as bases da confiabilidade, credibilidade, transferência e confirmabilidade Hernández (2006).

Foram aplicados seis problemas matemáticos em cada estudo, seis no estudo quase experimental e outros diferentes no estudo de caso, mas as provas de lápis e papel em cada estudo tem características semelhantes quanto suas estruturas e objetivos. A prova aplicada na Fase III foi a combinação de uma prova escrita com oral. Nas avaliações os alunos utilizaram o programa Derive na resolução dos problemas

Resultados

Nas provas de diagnóstico aplicados durante os três semestres que antecedeu ao experimento quase experimental, a aprendizagem na resolução de problemas matemáticos foi catalogada de baixo. Pode-se inferir que os alunos não têm um nível de formação no sistema de quatro ações, evidenciando a limitada contribuição do processo de ensino aprendizagem nas etapas pré-investigativas.

No início do estudo quase experimental foram aplicados os problemas (P-1 e P-2), nos quais o modelo matemático é reduzido a um sistema de equações lineares de duas equações e duas incógnitas e de três equações e três incógnitas respectivamente, que tinham única solução.

Os contextos dos problemas são de baixa complexidade e representa situações do cotidiano. Neste estudo na primeira fase foi criado o grupo experimental e de controle, por tal razão as médias dos valores da variável aprendizagem são iguais em ambos os grupos. Também pode-se comprovar na aplicação do teste Wilcoxon que não existe diferença significativa entre eles (ver figura 1 e tabela 3).

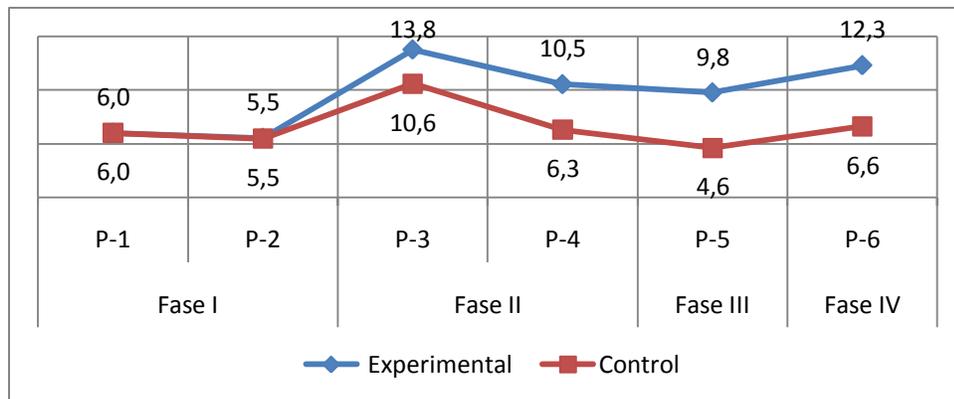


Figura1: Nível alcançado na resolução de problema “Y” no estudo quase experimental

Na segunda fase o problema três (P-3) é uma questão similar do que foi trabalhado na sala de aula pelo professor, enquanto o problema quatro (P-4) é uma nova situação. Em ambos os problemas os sistemas de equações lineares continuam tendo única solução, mas a complexidade aumenta. Como se observa na tabela 3 no teste Wilcoxon ante um problema similar não existe diferença significativa, mas os alunos de grupo experimental demonstraram estar mais bem preparados para transferir o sistema de ações para novos contextos.

Tabela 3

Comparação intergrupo por fase na aprendizagem

	Fase I		Fase II		Fase III	Fase IV
	O ₁ vs O ₅		O ₂ vs O ₆		O ₃ vs O ₇	O ₄ vs O ₈
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Teste W	0,81	0,76	0,34	0,02	0,04	0,006

O problema (P-5) da terceira fase o modelo matemático se reduz a um sistema de equações lineares cuja solução é infinita e a partir do contexto do problema a solução se restringe a finitas soluções. No problema (P-6) da quarta fase o modelo matemático se reduz a dois sistemas de equações cujas soluções são infinitas e o aluno deve selecionar qual é a melhor solução.

Na terceira e quarta fase pode-se verificar na tabela 3 o avanço significativo do grupo experimental em relação com o grupo de controle, mais se observa na figura 1 que existiu um descenso na aprendizagem devido à introdução de novas ações, mas posteriormente se obteve um aumento apesar da complexidade dos problemas.

As ações com maiores dificuldades para os alunos são a construção do modelo matemático e interpretação da solução. Os grupos se caracterizaram por ter boa disciplina, assistência na sala de aula e motivação. Os professores demonstraram alto domínio das teorias psicopedagógicas e dos conteúdos de matemática.

Na tabela 4 são comparados os problemas iniciais (P-1 e P-2) com o problema final (P-6), pode-se verificar ao aplicar a teste Wilcoxon que existiu um avanço significativo na aprendizagem da resolução de problema matemáticos no grupo experimental, demonstrando que

o ensino centrado na resolução através do sistema de quatro ações foi mais efetivo que o ensino tradicional.

Tabela 4

Comparação nível de partida e final na aprendizagem

	Fase I		Fase IV	Teste W (%)		
	P-1	P-2	P-6	P-1 vs P-6	P-2 vs P-6	
G ₁	6,00	5,54	12,31	0,003	0,001	O ₁ vs O ₄
G ₂	6,00	5,54	6,62	0,15	0,15	O ₅ vs O ₈

No estudo de caso, na fase dois os resultados do grupo experimental são melhores que do grupo estudo de caso (ver figura 2). Neste último grupo a base de orientação da ação do tipo três teve um caráter mais geral com a intenção de corrigir a ação interpretar a solução com relação ao estudo quase experimental, por tal motivo, se obteve um atraso na etapa de formação das ações materiais, sem embargo, se alcançou maior solidez na formação das ações nas etapas verbal, externa para si e interna.

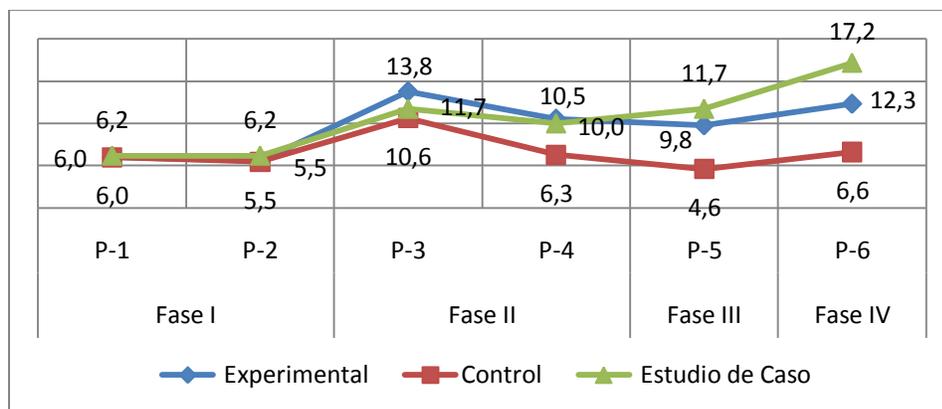


Figura 2: Nível alcançado na resolução de problema “Y” no estudo de caso.

Outros resultados são: a) o nível do sistema de ações e a aprendizagem na Atividade Situações Problema em sistema de equações lineares melhoraram em relação com o nível de partida; b) a orientação da quarta ação “interpretar a solução” se enfatizou em sua orientação para melhorar o nível da aprendizagem; c) a introdução de um material didático baseado na Atividade de Situações Problemas em sistema de equações lineares ajudou na aprendizagem da dita atividade; d) todos os alunos demonstraram excelentes habilidades com o programa de sistema de computação algébrica Derive na ação solucionar o sistema de equações lineares; e) os alunos mostraram motivação; f) o professor conseguiu um amplo conhecimento de cada uma das particularidades dos alunos e g) pode-se inferir que existiu um avanço satisfatório dos alunos quanto à aprendizagem e por conseqüente, no nível do sistema de quatro ações podendo constatar a melhora na resposta dada aos problemas.

Conclusões

Diante dos resultados exposto aceita-se a hipótese da pesquisa, ou seja, a aplicação do sistema de ações melhorou a aprendizagem dos alunos na Atividade de Situações Problema na disciplina de Álgebra Linear do curso de bacharelado em Sistemas de Informação da Faculdade Atual da Amazônia, quando se utiliza a teoria psicológica no ensino por etapas das ações mentais, a teoria geral de direção do processo de estudo, o sistema de computação algébrica Derive e a motivação do alunado

Na pesquisa foi construída a Atividade de Situações Problema em Matemática, a partir da atividade do processo de estudo formado pela teoria psicológica de formação das ações mentais, pela metodologia e teoria geral da direção do processo de estudo e princípios de resolução de Polya, suportado pelo sistema de computação algébrica Derive. A partir da Atividade de Situações Problema em Matemática foi criada a atividade em sistema de equações lineares.

Elaborou-se indicadores para construir os instrumentos com um enfoque quantitativo e qualitativo para poder avaliar o impacto da Atividade de Situações Problema em Matemática na aprendizagem dos alunos.

O ensino centrado na resolução de problema com a utilização da base orientadora da ação do tipo três resultou ser mais efetivo que o ensino tradicional usando a base orientadora da ação do tipo quatro, onde os problemas são considerados como aplicações dos conteúdos ao final de cada semestre.

Apesar de que os parâmetros curriculares nacionais do ensino que precedem a universidade deixam clara a importância da resolução de problema no ensino, os alunos avaliados nas provas diagnósticos demonstraram ter poucas habilidades na resolução de problemas matemáticos. Aparentemente os alunos utilizavam a técnica do ensaio e o erro a partir de suas experiências vividas no âmbito social.

No nível de partida da resolução de problema no estudo quase experimental e estudo de caso foi parecida. Ao finalizar o experimento se evidenciou que no ensino através da Atividade de Situações Problema em Matemática, os alunos começaram prover-se de uma metodologia geral para a resolução de problemas e os alunos do ensino tradicional apenas conheciam casos particulares quando existia semelhança com os problemas resolvidos.

A utilização do sistema de computação algébrica Derive na Atividade de Situações Problema em Matemática permitiu resolver problemas que seriam impossíveis resolver em forma manual, sua utilização é concebida como condição necessária na resolução de problema. Também com o uso do programa Derive permitiu realizar maior número de problema e dedicaram mais tempo para desenvolver o pensamento lógico dos alunos.

Na ação que os alunos demonstram maiores habilidades e automatização foi na ação solucionar o modelo matemático, em segundo lugar foi compreender o problema, terceiro lugar construir o modelo matemático e por último interpretar a solução.

Existem evidências que as ações que mais influem na aprendizagem da Atividade de Situações Problema são compreender o problema e construir o modelo matemático. Outra evidência é que o nível da ação interpretar a solução depende em maior intensidade do nível alcançado na ação construir o modelo matemático e segundo lugar na ação compreender o problema.

Existem indícios que os alunos com aprendizagem baseado no ensino tradicional o mais importante é a solução do modelo matemático isolado do problema. Enquanto os alunos com aprendizagem centrada na Atividade de Situações Problema em Matemática, tem como objetivo principal dar resposta ao problema através dos relatórios, selecionando as melhores soluções.

A motivação dos alunos na Atividade de Situações Problema em Matemática tende a ser constante durante todo o semestre. No ensino tradicional a motivação teve maior intensidade no período de avaliação e os alunos se enfrentam aos problemas como algo que podem prejudicar sua avaliação.

O ensino baseado na Atividade de Situações Problema, nas etapas de orientação das ações e formação da ação em forma material, aparentemente é significativa na aprendizagem, seguida da etapa de formação da ação em forma verbal. No grupo de ensino tradicional não se chegou a consolidar a etapa da formação em forma material, não possibilitando um avanço nas seguintes etapas.

Referências bibliográficas.

- Ausubel, D. D., Novak, J., & Hanesian, H. (1999). *Psicologia Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México, D. F.: Trillas.
- Dante, L. R. (1998). *Didática da Resolução de Problema de Matemática* (11ª ed.). São Paulo: Atica.
- Frida D. B., Arceo & Hernández R., Gerardo. (2002). *Estrategias docentes para um aprendizaje significativo: una interpretación significativa* (2ª ed.). México DF: McGraw-Hill.
- Hernández, R. S., Fernández, C. C., & Baptista, P. L. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Mendoza, Héctor J. García (2009). *Estudio del efecto del sistema de acciones en el proceso de aprendizaje de los alumnos en la actividad de situaciones problemas en Matemática, en la asignatura de Álgebra Lineal, en el contexto de la Facultad Actual de la Amazonia*. Dissertação doutoral publicada, Faculdade de Humanidade e Ciência na Educação, Universidade de Jaén, Espanha.
- Mendoza, Héctor J. García; Ortiz, Ana M.; Martínez, Juan M. & Tintorer, Oscar. (2009, setembro). *La teoría de la actividad de formación por etapas de las acciones mentales en la resolución de problemas*. Revista Inter Sciencie Place,9. Rio de Janeiro, Brasil
- Mendoza, Héctor J. García; Tintorer, Oscar. (2010, julho) *Formação por etapas das ações mentais na Atividade de Situações Problema em Matemática*. X Encontro Nacional de Educação Matemática. Salvador, Brasil
- Polya, G. (1975). *A Arte de Resolver Problemas*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Rubinstein, J. L. (1970). *Principios de Psicología General* (1ª ed.). Habana: Revolucionaria.
- Talízina, N. (1984). *Conferencias sobre “Los Fundamentos de la Enseñanza en la Educación Superior”*. Universidad de la Habana.
- Talízina, N. (1988). *Psicología de la Enseñanza*. Moscú: Progreso.
- Talízina, N. (1994). *La teoría de la actividad de estudio como base de la didáctica en la educación superior* (1ª ed.). México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Tintorer, Oscar; Mendoza, Héctor J. García; & Castañeda, Alberto M. M. (2009, novembro). *Implicação da base orientação das ações e direção do processo de estudo na aprendizagem dos alunos na Atividade de Situações Problema em sistema de equações lineares*. VIII Congresso Norte Nordeste de Educação em Ciência e Matemática. Universidade Estadual de Roraima. Boa Vista, Brasil.
- Yin, Robert K. (2005). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. (3ª ed.). São Paulo: Brookman