



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO PEDAGÓGICO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS
MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS

**ANÁLISE DE METODOLOGIA BASEADA NO SISTEMA PERSONALIZADO DE
INSTRUÇÃO NUM CURSO INTRODUTÓRIO DE ELETROMAGNETISMO**

SANDRO ALÉSSIO VIDAL DE SOUZA

BELÉM – PA
2009

SANDRO ALÉSSIO VIDAL DE SOUZA

**ANÁLISE DE METODOLOGIA BASEADA NO SISTEMA PERSONALIZADO DE
INSTRUÇÃO NUM CURSO INTRODUTÓRIO DE ELETROMAGNETISMO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas do Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências.

**BELÉM – PA
2009**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO PEDAGÓGICO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS
MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ANÁLISE DE METODOLOGIA BASEADA NO SISTEMA PERSONALIZADO DE INSTRUÇÃO NUM CURSO INTRODUTÓRIO DE ELETROMAGNETISMO

Autor: Sandro Aléssio Vidal de Souza
Orientador: Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves

**Dissertação de Mestrado aprovada para
obtenção do grau de Mestre em Educação em
Ciências, pela Banca Examinadora formada
por:**

Presidente: Prof. Danilo Teixeira Alves, Doutor em Física - Orientador, UFPA.

Membro interno: Prof. Licurgo Peixoto de Brito, Doutor em Geofísica, UFPA.

**Membro externo: Prof. Thiago Dias Costa, Doutor em Teoria e Pesquisa do Comportamento,
UFPA.**

BELÉM – PA
2009

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam na educação como uma forma de desenvolvimento do caráter humano e de evolução da humanidade na direção de um mundo cada vez melhor.

“Fé inabalável é só aquela que pode encarar frente a frente a razão em todas as épocas da humanidade”

Allan Kardec

AGRADECIMENTOS

À inteligência suprema da natureza que permite estarmos existindo.

Ao CNPQ por ter confiado em mim durante mais de um ano com seu apoio financeiro no projeto de pesquisa EDUKANET.

Ao NPADC pela possibilidade que me trouxe na descoberta de novos pensamentos trazendo novas reflexões a respeito do mundo.

Ao meu orientador Dr. Danilo Teixeira Alves, que conseguiu interagir comigo sempre com respeito, mesmo nos momentos mais difíceis, o qual só tenho a agradecer pela possibilidade única desta dissertação estar finalizada e pelo aprendizado que levo para toda a vida.

Ao Silvio Carlos Pereira Filho e Wallace Elias pela contribuição indispensável na realização da pesquisa.

À todos os membros que avaliaram esta monografia cedendo momentos preciosos.

À todos da minha família e amigos que estiveram ao meu lado e me incentivaram para concluir esta pesquisa.

Agradeço especialmente aos meus filhos Igor e Isis por serem uma das principais razões da minha vida e da busca pelo conhecimento, e à Tania, mãe deles, que sempre me apoiou e acreditou nas minhas vitórias.

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	O método de Keller: <i>feedback</i> sistemático e individualizado, respeito ao ritmo próprio e estímulo à postura ativa do aluno.....	6
1.2	O declínio da aplicação do ensino individualizado	10
1.3	Perspectivas de retomada de aplicações do ensino individualizado.....	11
1.4	Objetivos do presente trabalho	12
2	A DISCIPLINA FÍSICA FUNDAMENTAL III E SUA METODOLOGIA	14
2.1	O conteúdo e sua organização	14
2.2	Metodologia de interação dos alunos com professores, monitores e conteúdo.	15
2.3	Justificativa para adoção destas variações	17
2.4	Definição do conceito “Regular”	17
2.5	Livro-texto adotado	18
2.6	Plano de Curso	18
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	19
4	RESULTADOS	21
4.1	Registro da evolução temporal da turma em relação aos passos.....	21
4.2	Resultado do questionário de questões objetivas	30
4.3	Observações manifestadas pelos alunos	33
4.4	Observações do professor	34
4.5	Observações dos monitores.....	34
5	DISCUSSÃO DOS DADOS	35
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6	REFERÊNCIAS	42
7	APÊNDICE A	45
8	APÊNDICE B.....	51
9	APÊNDICE C.....	56
10	ANEXO A.....	57

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Correspondência das respostas dos alunos no questionário do Apêndice B para o do Apêndice A.....	19
Gráfico 1 – Evolução temporal da turma na primeira semana de curso.....	21
Gráfico 2 – Evolução temporal da turma na segunda semana de curso.....	22
Gráfico 3 – Evolução temporal da turma na terceira semana de curso.....	22
Gráfico 4 – Evolução temporal da turma na quarta semana de curso.....	23
Gráfico 5 – Evolução temporal da turma na quinta semana de curso.....	23
Gráfico 6 – Evolução temporal da turma na sexta semana de curso.....	24
Gráfico 7 – Evolução temporal da turma na sétima semana de curso.....	24
Gráfico 8 – Evolução temporal da turma na oitava semana de curso.....	25
Gráfico 9 – Evolução temporal da turma na nona semana de curso.....	25
Gráfico 10 – Evolução temporal da turma na décima semana de curso.....	26
Gráfico 11 – Evolução temporal da turma na décima primeira semana de curso.....	26
Gráfico 12 – Evolução temporal da turma na décima segunda semana de curso.....	27
Gráfico 13 – Evolução temporal da turma na décima terceira semana de curso.....	27
Gráfico 14 – Evolução temporal da turma na décima quarta semana de curso.....	28
Gráfico 15 – Evolução temporal da turma na décima quinta semana de curso.....	28
Gráfico 16 – Evolução temporal da turma na décima sexta semana de curso.....	29
Gráfico 17 – Evolução temporal da turma na décima sétima semana de curso.....	29
Gráfico 18 - Evolução temporal da turma no término do curso.....	30
Quadro 2 – Questionário comparando o aprendizado no STE com o SPI.....	31
Quadro 3 – Questionário comparando o estudo no STE com o SPI.....	31
Quadro 4 – Questionário comparando as aulas no STE com o SPI.....	31
Quadro 5 – Questionário comparando o conteúdo no STE com o SPI.....	32
Quadro 6 – Questionário comparando a avaliação no STE com o SPI.....	32
Quadro 7 – Questionário comparando a satisfação no STE com o SPI.....	32
Quadro 8 – Questionário comparando o estresse no STE com o SPI.....	33
Quadro 9 – Questionário comparando a autocorreção no STE com o SPI.....	33
Quadro 10 – Questionário comparando a interação no STE com o SPI.....	33
Quadro 11 – Questionário sobre a metodologia do SPI.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPI	Center for Personalized Instruction
EAD	Educação a Distância
SPI	Sistema Personalizado de Instrução
STE	Sistema Tradicional de Ensino
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFPA	Universidade Federal do Pará
UNB	Universidade de Brasília

RESUMO

Apesar de fundamentais para a aprendizagem, o estímulo à postura ativa do aluno (versus o de apenas ouvinte), o respeito ao ritmo individual de aprendizagem, as avaliações formativas e o provimento de *feedback* sistemático ao aluno estão freqüentemente fora das salas de aula nas escolas e universidades. Uma estratégia para trazer tais características para as salas de aula é através do ensino individualizado. Um dos procedimentos de ensino individualizado mais documentados e aplicados é o Sistema Personalizado de Instrução (SPI) de Fred S. Keller. Intensamente usado na década de 70, milhares de artigos foram publicados sobre o SPI, provendo extensa evidência empírica sobre os seus resultados, os quais, em geral, são superiores a outras formas de ensino. Apesar disto, a aplicação do método entrou em declínio na década de 80. Dentre as razões para isto, podemos destacar a quantidade de esforço inicial necessário para se construir um curso baseado no SPI, a possível resistência por parte dos professores e educadores devido à mudança do papel do professor de transmissor do conhecimento para orientador e a logística necessária para prover *feedback* sistemático aos alunos. Vale ressaltar que, independente de quais fatores contribuíram para o declínio na utilização do SPI, sua eficiência é inquestionável. Neste trabalho, analisamos uma metodologia de ensino individualizado baseada no SPI de Keller, experimentada no contexto de um curso introdutório de eletromagnetismo para alunos de Física do terceiro semestre letivo da Universidade Federal do Pará. A metodologia empregou características do SPI, respeitando as características da disciplina como a presença de calculos longos e ausência de monitores. Obtivemos indícios de que, apesar das modificações introduzidas, a aplicação desta metodologia pode trazer vários dos resultados positivos obtidos com a aplicação do SPI de Keller.

Palavras-chave: Sistema Personalizado de Instrução, Ensino de Física, Eletromagnetismo.

ABSTRACT

Despite being essential for apprenticeship, the stimulus to the student's active posture (versus the listener's one), the respect to the individual learning pace, the formative evaluations and the supply of systematic feedback to the student are frequently outside the classrooms in schools and colleges. A strategy to bring such characteristics to the classrooms is through individualized teaching. One of the individualized teaching procedures most documented and applied is Fred S. Keller's Personalized System of Instruction (PSI). Intensively used in the 70's, thousands of articles were published about PSI, giving vast empirical evidence about its results, which, in general, is superior to other forms of teaching. In spite of that, the application of this method began to decline in the 80's. Among the reasons for that, it's possible to highlight the amount of initial efforts that were necessary to build a course based on the PSI, the possible resistance from teachers and educators due to the change in the teacher's role from knowledge transmitter to advisor and the necessary logistics to provide a systematic feedback to students. It's also worth to emphasize that, independently from which factors contributed to the decline in the usage of PSI, its efficiency is unquestionable. At the present work, an individualized teaching methodology based on the PSI was analyzed and experimented in an introductory course of electromagnetism for Physics students at the third college semester at the Federal University of Pará (Brazil). This methodology employed some of the characteristics of the PSI, respecting the features of the subject like the presence of long calculations and absence of tutors. There was evidence that, despite the introduced modifications, the application of the methodology may bring many of the positive results obtained with the application of the PSI.

Keywords: Personalized System of Instruction, Physics Teaching, Electromagnetism.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O método de Keller: *feedback* sistemático e individualizado, respeito ao ritmo próprio e estímulo à postura ativa do aluno

“Feedback é fundamental para a aprendizagem, mas oportunidades de feedback são relativamente escassas em salas de aula. Estudantes podem receber notas em testes e trabalhos, mas estas são avaliações que ocorrem ao fim de projetos. O que são necessárias são *avaliações formativas*, as quais provêm ao estudante oportunidades para revisar e melhorar a qualidade do seu pensamento e de sua compreensão” (BRANSFORD, BROWN e COCKING, 1999). Uma estratégia para prover *feedback* sistemático e individualizado, respeito ao ritmo próprio e estímulo à postura ativa do aluno, é através do ensino individualizado. Este foi “talvez o movimento educacional mais popular dos anos 70” (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980). A denominação *ensino individualizado* refere-se a uma classe de estratégias de ensino que procura atender às diferenças entre os estudantes (MOREIRA, 1973). Nos anos 60, uma dessas estratégias de ensino ficou conhecida como o Sistema Personalizado de Instrução (SPI) de Fred Keller (KELLER, 1968).

O objetivo de um curso baseado no SPI é, segundo KELLER (1968), permitir que o aluno progrida do início ao fim, em ritmo próprio, sem ser retardado por outros alunos, nem forçado a avançar quando não estiver preparado. Especificamente, dentre as características que distinguem o SPI dos Sistemas Tradicionais Expositivos (STE) de ensino – caracterizados por aulas predominantemente expositivas, e avaliações ministradas de forma idêntica para todos os estudantes, com objetivo predominante de classificá-los - podemos citar: (KELLER, 1968; MOREIRA, 2004; FOX, 2004):

- Divisão do conteúdo em pequenas unidades de informação que se sucedem numa ordem lógica definida, sendo que o aluno precisará mostrar o domínio completo de cada unidade através de avaliação. O aluno só avança para a unidade seguinte se demonstrar domínio completo da unidade precedente. Se o aluno não passar na avaliação correspondente a uma dada unidade (cujo resultado o aluno obtém imediatamente após a conclusão), pode tentar outras vezes, pois nenhuma medida é tomada contra o aluno por causa disso.

- As avaliações podem ser realizadas durante todas as horas regulares de aula, bem como em horários extras. Há também uma avaliação final, onde se verifica todo o trabalho do aluno no período, e em geral consiste de questões já respondidas.
- Para as avaliações, considera-se como limite um número máximo de questões em que o aluno pode falhar. Para um número de falhas acima desse limite, o aluno é informado de que não está preparado para a avaliação e terá que repeti-la. Para um número de falhas até o limite, o aluno é conduzido a uma reavaliação apenas nas questões falhas.
- A nota final do aluno é tal que de 25 a 30% da mesma é baseada na avaliação final, enquanto que o restante é baseada no número de unidades completadas com êxito.
- As palestras (ou aulas expositivas) são dadas somente quando os alunos demonstram estar prontos para apreciá-las, sendo que nenhuma avaliação é baseada nelas e os estudantes não precisarão comparecer caso não queiram. Assim, as aulas expositivas têm papel motivacional, em vez de fontes de informações essenciais para o avanço nas unidades do curso.
- O papel do monitor (em geral escolhido como um aluno em estágio mais avançado) passa a ser fundamental, tendo este a tarefa de fornecer a um grupo de alunos o material de estudo, tutoria e instrução, bem como verificar se as respostas desses alunos nas avaliações estão satisfatórias ou não, provendo-os com respostas imediatas sobre seus desempenhos.
- O papel do professor deixa de ser o de transmissor do conhecimento, e passa a ser de suporte às atividades dos alunos e dos monitores. Especificamente: selecionar todo o material de estudo usado no curso; organizar e definir a apresentação desse material; elaborar as avaliações; fazer a avaliação final do progresso de cada aluno; treinar e supervisionar a atividade dos monitores.
- Ênfase dada à palavra escrita na comunicação entre professores e alunos, no sentido de que os materiais de aprendizagem, bem como instruções de como usar o material são passados aos alunos em forma de textos.

O SPI iniciou em meados da década de 60, mas depois da publicação do artigo intitulado “*Goodbye, Teacher...*” (“*Adeus, Mestre...*”) (KELLER, 1968), o interesse aumentou acentuadamente (SHERMAN, 1992). De abordagem comportamentalista, o SPI enfatiza a potencialização do reforço positivo e a minimização de punições, ansiedades e frustrações no

contexto escolar (MOREIRA, 1973). Neste contexto, comentamos a seguir algumas das idéias por trás das características fundamentais apresentadas pelo SPI:

- A divisão do material em unidades de informação está motivada em que, desta forma, o aluno pode ser avaliado em cada unidade, reforçando-se com maior freqüência o comportamento de obter de domínio de cada uma destas.
- Sobre a necessidade de que o aluno obtenha imediatamente o resultado de uma avaliação, Skinner (1972) relata que: "quando uma avaliação somente é corrigida e devolvida depois de horas ou dias, o comportamento do aluno não se modifica apreciavelmente". Desse modo, para Skinner, o resultado imediato pode ter um importante efeito educativo.
- Ao estabelecer que o aluno que não passe na avaliação correspondente a uma dada unidade possa tentar outras vezes, espera-se gerar o efeito de que, para o aluno, falhar numa avaliação não é um "acontecimento totalmente mau" (KELLER, 1968). Refazer a tarefa tem a função de refinar a compreensão do aluno a respeito dos assuntos, reforçando seu comportamento de tentar alcançar o domínio do conteúdo e ser bem sucedido na avaliação seguinte.
- A regra de que as aulas expositivas sejam dadas somente quando os alunos demonstram estar prontos para apreciá-las, desempenha papel de outro reforço adicional ao comportamento dos alunos de buscar dominar os conteúdos necessários que lhes permitam participar de tais atividades.
- O papel do professor é de facilitador e motivador do conhecimento do aluno. O monitor auxilia o professor, atuando como um fornecedor de reforço ao aluno ao verificar imediatamente as respostas das avaliações destes, valorizando também o aspecto social e pessoal do processo educacional por essa interação (KELLER, 1968).

O que viria a ser o SPI, primeiramente foi apresentado e aplicado por Keller na *Columbia University* em 1963 e a partir daí foi usado – com algumas mudanças - na Universidade de Brasília (UNB) em 1964. No período de outubro de 1965, a UNB passou por uma profunda crise durante a ditadura militar então vigente no Brasil. Mais de 200 professores pediram demissão, representando 90% do corpo docente da época. Isso fez com que o grupo o qual implantou o método na UNB fosse dissolvido (TODOROV, 2005). Em 1965, na *Arizona State University* e no *Center for Personalized Instruction* (CPI) na

Georgetown University, o qual possuía um periódico dedicado à pesquisa do SPI chamado *Journal of Personalized Instruction*, Keller continuou ampliando e testando o sistema, obtendo resultados cada vez mais satisfatórios (KELLER, 1968). Em 1976, KULIK (1976, apud MOREIRA, 2004) mostra que de 400 artigos sobre o SPI comparando-o com cursos tradicionais, 398 deles mostram que o índice de aprendizagem e a opinião dos alunos sobre a metodologia foram favoráveis ao SPI. Kulik (1974), em artigo de revisão sobre o plano proposto por Keller, aponta para os seguintes resultados:

- Em todos os artigos publicados, estudantes avaliaram o método de Keller de modo mais favorável do que o método tradicional expositivo.
- Ritmo próprio e interação com monitores são vistos como características do método Keller preferidas pelos estudantes.
- Vários pesquisadores reportaram taxas de abandono acima da média em cursos pelo método Keller.
- Em estudos¹ publicados, o desempenho em exames finais de alunos que seguiram o método Keller era normalmente igual ou superiores, em relação a alunos que seguiram curso pelo método tradicional expositivo.
- Estudantes quase invariavelmente reportaram que aprendiam mais através do SPI do que em cursos expositivos tradicionais, e quase sempre utilizaram mais tempo e esforço em cursos no método Keller.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980), citando a pesquisa de Taveggia (1976) também apontam que “em geral os cursos do *Keller Plan* são superiores a outras formas de ensino”.

No ano de 1976, o número de publicações sobre o método chegou a 3 mil (MOREIRA, 2004). A pesquisa sobre o SPI foi centralizada na Georgetown University, que patrocinou conferências, workshops e publicava sobre o método, havendo nessa época suporte financeiro para esses fins (SHERMAN, 1992). Em relação ao ensino de Física, várias aplicações do SPI foram registradas na literatura tanto no Brasil (BEZZERA, 1973, 1974, MOREIRA, 1973, DIONÍSIO, 1975), quanto no exterior (GREEN, 1971, FRIEDMAN, 1972).

¹ Kulik (1974) destacou os seguintes artigos: Gallup (1970), Green (1969), McMichael and Corey (1969), Moore et al. (1969), Sheppard and MacDermot (1970), Billings (1972), Born et al. (1972), Hapkiewicz (1972), Morris and Kimbrell (1972), Muir (1972), Philippas and Sommerfeldt (1972), Protopapas (1972), Roth (1972) e Witters and Kent (1972).

1.2 O declínio da aplicação do ensino individualizado

No início dos anos 80, entretanto, o financiamento para pesquisas relacionadas ao SPI acabou, e o CPI foi desativado (maiores detalhes sobre as razões do fechamento podem ser encontradas em SHERMAN, 1992). De acordo com Moreira (2004), após a desativação do CPI verificou-se um decréscimo no número de cursos baseados no SPI, bem como do número de publicações. Sobre as causas do declínio do método, destacam-se os seguintes pontos (MOREIRA, 2004):

- A quantidade de esforço inicial necessário para se construir um curso de acordo com o SPI. Por exemplo, a preparação de materiais tais como: resumos, manuais, listas de exercícios, decisões sobre o tamanho e a qualidade dos conteúdos, etc.
- A possível resistência por parte dos professores e educadores no momento de optarem pela implantação ou não do SPI devido à mudança do papel do professor de transmissor do conhecimento para orientador do estudo desenvolvido pelo aluno.
- Progresso acadêmico em função do ritmo do aluno e não do calendário escolar.

Vale ressaltar que, segundo Fox (2004), independente de quais fatores contribuíram para esse declínio na utilização do SPI, sua eficiência é inquestionável.

Embora não incluída na lista acima, a logística para dar *feedback* sistemático aos alunos, pode, ainda, representar uma dificuldade adicional, tais como:

- Ela exige correção sistemática de avaliações e discussões com os alunos sobre seus erros, indicando caminhos para melhorias. No SPI isto é feito por monitores, mas nem sempre eles estão disponíveis (como veremos na Seção 1.4), e o professor assumir sozinho esta tarefa pode gerar sobrecarga de trabalho (como será comentado no Cap. 5).
- Em cursos de Física, as avaliações típicas podem requerer cálculos relativamente longos, ricos em detalhes, cuja correção requeira considerável demanda de tempo por não somente verificar a resposta em si, mas por analisar todo o desenvolvimento do problema proposto. Isto é dificultado pelo fato de que os resultados das avaliações sejam dadas de modo sistemático e imediato.

Além destes fatores, acreditamos que este declínio também esteja relacionado com o fato de que ao final dos anos 70 emergiram novas concepções de educação, juntamente com

uma série de críticas à aplicabilidade na educação da abordagem comportamentalista. Goulart (2005) elenca algumas a esta abordagem:

- Os objetivos de ensino que são definidos pelo professor e são medidos por ele, não são necessariamente os aspectos mais importantes a serem aprendidos pelo estudante.
- As técnicas de avaliação objetiva, geralmente utilizadas para mensurar o aprendizado, na maioria das vezes limitam o professor, não valorizam soluções criativas, geram ansiedade e afetam negativamente o processo de aprendizado.
- A abordagem comportamentalista é apropriada quando se ensina habilidades que podem ser claramente definidas, por exemplo, aprender a ler, a escrever, a calcular, etc. Porém, em habilidades complexas, ela não é satisfatória.
- A busca de respostas certas desencoraja a inovação e a criatividade.
- Os objetivos de ensino são reduzidos a unidades pequenas para serem facilmente mensuráveis, e são formulados tendo-se em mente os instrumentos adequados para medi-los. Nesse sentido essa abordagem contribui para a desumanização da prática educacional (GOULART, 2005).

Como exemplo de concepção alternativa de Ensino evidenciada no fim da década de 70 podemos citar o Ensino via CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que é o ensino da ciência através de temáticas que se contextualizam no meio tecnológico e social. A inclusão de temas sociais é justificada por estes evidenciarem as inter-relações dos aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e propiciarem condições para o desenvolvimento nos alunos de atitudes de pensamento crítico e de tomada de decisão (SCHNETZLER, 2000). As estratégias de ensino via CTS adotam uma concepção construtivista para o processo de ensino-aprendizagem, caracterizado pela construção e reconstrução do conhecimento pelos alunos (SCHNETZLER, 2000).

1.3 Perspectivas de retomada de aplicações do ensino individualizado

As novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e a prática crescente de Educação a Distância (EAD) apontam para alterações na postura do aluno e no papel do professor, que se aproximam daquelas propostas pelo SPI. Em adição, é possível usar o computador para auxiliar o professor na preparação dos materiais, implementar as avaliações, prover resultados, bem como tornar toda a informação mais acessível aos estudantes (BROOKS, NOLAN, GALLAGHER, 2003). Recentes artigos têm relatado aplicações do SPI

baseadas em ferramentas computacionais (PEAR, 1999, MARTIN, 2002, MOURA, 2005, LIU, 2003), fazendo adaptações do SPI para o ambiente virtual. Neste contexto, o atual momento histórico parece favorecer uma retomada de metodologias de ensino baseadas no SPI e de adaptações que incluam ainda os avanços nas ferramentas computacionais para ensino e aprendizagem.

1.4 Objetivos do presente trabalho

O presente trabalho analisa uma metodologia de ensino individualizado baseada no SPI de Keller, em um curso introdutório de eletromagnetismo para estudantes de Física do terceiro semestre letivo da Universidade Federal do Pará. Em função das características da disciplina, bem como da UFPA no momento em que o curso iria ser implementado, a aplicação do SPI em seu formato tal como proposto por Keller (1968) não seria possível. Assim sendo, modificações foram feitas (conforme seção 2.2) de modo a preservar algumas características fundamentais do SPI, mas levando em conta os seguintes fatores:

- As avaliações típicas da disciplina envolvem cálculos relativamente longos, ricos em detalhes, cuja correção requer tempo e experiência por parte do corretor (característica típica do curso).
- Ausência de alunos qualificados e com tempo disponível para assumir a monitoria da forma proposta por Keller, ou seja: aptos a corrigirem as avaliações dando imediato retorno aos alunos, bem como estarem disponíveis durante as aulas semanais do curso para interagirem com estes (situação na UFPA).
- Calendário acadêmico do semestre letivo com prazo rigoroso para início e fim das aulas, bem como para envio de conceitos ao Departamento de Registro e Controle Acadêmico da Universidade (situação na UFPA).
- Ausência de tempo para preparação de um material didático específico para o referido curso, incluindo roteiros de estudo (situação do professor da disciplina antes do início do curso).

O que se busca são respostas para os seguintes questionamentos: quais as potencialidades do SPI para o ensino de Física na UFPA, e o que tipos de resultados se obtém quando se modifica a estrutura originalmente proposta por Keller, na tentativa de tornar viável sua aplicação ao contexto acima mencionado?

O presente trabalho descreve as adaptações feitas, a aplicação no curso, bem como uma pesquisa de opinião realizada com os alunos a fim de investigar indícios de que, mesmo com adaptações, a aplicação da metodologia resultante seja capaz de alcançar alguns resultados positivos descritos na literatura (ver, por exemplo, KULIK, 1974) por conta da aplicação do SPI de Keller. Usa-se neste trabalho essencialmente o filtro conceitual do behaviorismo de Skinner, mas de forma alguma o autor exclui os demais paradigmas. Pelo contrário, é interessante experimentá-los, reconhecer os limites de aplicação de cada um deles, buscando a melhor combinação de metodologias para uma educação de melhor qualidade.

2 A DISCIPLINA FÍSICA FUNDAMENTAL III E SUA METODOLOGIA

A disciplina Física Fundamental III, no contexto da qual o método em questão foi aplicado, aborda o conteúdo introdutório de Eletromagnetismo, e é usualmente ministrada para alunos do terceiro semestre letivo do curso de Física da UFPA. A aplicação descrita no presente trabalho ocorreu durante o primeiro semestre letivo de 2007, tendo como professor Danilo Teixeira Alves (professor da UFPA) e como monitores Silvio Carlos Pereira Filho (mestrando em ensino de ciências e matemáticas – NPADC/UFPA) e Wallace Elias (estudante de graduação em Física - UFPA, que havia cursado a referida disciplina no semestre letivo anterior).

2.1 O conteúdo e sua organização

Em termos de conteúdo, foi traçado um programa de ensino objetivando que os estudantes aprendessem a aplicar Análise Vetorial e Cálculo à descrição da teoria eletromagnética, bem como a resolver problemas. A proposta consistiu em separar conceitos e técnicas fundamentais envolvendo as ferramentas matemáticas das aplicações destas ferramentas aos campos elétrico e magnético. Então, em vez de seguir a proposta usual de agrupar os conteúdos do curso em uma parte relacionada com o campo elétrico, e outra com campo magnético, juntando estes campos no final do curso (vide, por exemplo, NUSSENZVEIG, 1997), no curso em questão os conteúdos foram agrupados em torno das ferramentas matemáticas. Assim sendo, o conteúdo foi organizado em 4 partes maiores (etapas), estando estas subdivididas em partes menores (passos):

ETAPA 1

Passo 1: Ferramenta matemática: análise vetorial.

Passo 2: Campo eletrostático.

Passo 3: Campo magnetostático.

Passo 4: Forças e torques em campos magnéticos.

ETAPA 2

Passo 1: Ferramenta matemática: fluxo de um campo vetorial e teorema da divergência.

Passo 2: Fluxo do campo eletrostático e Lei de Gauss.

Passo 3: Fluxo do campo magnetostático.

ETAPA 3

Passo 1: Ferramenta matemática: integral de linha de um campo vetorial e teorema da Stokes.

Passo 2: Energia e potencial eletrostático.

Passo 3: Lei de Ampère e potencial vetor magnético.

ETAPA 4

Passo 1: Corrente de deslocamento e lei de Faraday.

Passo 2: Conjunto das Equações de Maxwell e equação da onda eletromagnética .

A proposta foi de que, por exemplo, o aluno, após estudar a ferramenta matemática da Etapa1-Passo1, partisse para aplicações dessa a problemas envolvendo tanto campos elétricos como magnéticos nos passos 2,3 e 4 da mesma etapa. Portanto, conteúdo do passo inicial de cada uma das Etapas 1, 2 e 3 consistiu em uma ferramenta matemática, sendo que estes três passos iniciais de cada etapa correspondem a todas as ferramentas matemáticas necessárias para o curso. Já a Etapa 4 não apresenta ferramenta matemática nova, apenas aplicações mais avançadas.

2.2 Metodologia de interação dos alunos com professores, monitores e conteúdo.

O conteúdo acima, tal como está apresentado, poderia ser trabalhado com os estudantes de diversas maneiras. Buscou-se, entretanto, uma metodologia de trabalho que estimulasse o aluno a tomar maior controle e iniciativa em relação ao seu próprio aprendizado, tirando-o da postura de apenas ouvinte em sala de aula, e permitindo que ele

progredisse em seu próprio ritmo. Nesse contexto, o SPI de Keller foi uma alternativa encontrada. Entretanto, conforme razões mencionadas na introdução, várias adaptações foram necessárias, resultando numa variante do SPI com as seguintes características:

- As avaliações só podiam ser realizadas em algumas das aulas regulares do curso. Das três aulas semanais (segunda, quarta e sexta-feira), uma (a de segunda-feira) era inteiramente dedicada à realização da avaliação completa; outra (na sexta-feira) servia para que uma parcela dos alunos que tinha falhado em até 25% desta, refizesse-a com base nas mesmas questões onde houve falhas (avaliação complementar).
- A avaliação final foi suprimida devido o tempo transcorrido de curso e o desgaste na correção das mesmas, de modo que o conceito (ou nota) final foi baseado totalmente no número de unidades completadas com êxito.
- Havia 16 avaliações disponíveis, limitadas pelo calendário acadêmico da universidade.
- As aulas expositivas tradicionais tinham como objetivo além do seu caráter motivacional, dar uma visão geral sobre o conteúdo, prover um roteiro de estudo, bem como resolver exercícios. Elas tiveram considerável espaço: uma aula (na quarta-feira) era expositiva; outra (na sexta-feira) servia como aula expositiva para a parcela dos alunos que não estavam realizando a avaliação complementar (neste caso, na sexta-feira os alunos eram separados em duas salas, uma para cada atividade). Todas as aulas expositivas poderiam ser assistidas, não dando exclusividade a um determinado grupo que já estivesse pronto para apreciá-las, como no SPI.
- Devido ao caráter das avaliações, as quais eram completamente discursivas envolvendo desenvolvimento de cálculos, e da ausência de monitores aptos a fazer as correções, as mesmas eram corrigidas pelo próprio professor e devolvidas, em geral, na aula expositiva seguinte (quarta-feira). Já a avaliação complementar da sexta-feira, tinha seu resultado divulgado em geral no mesmo dia ou no dia seguinte.
- O papel dos dois monitores foi drasticamente reduzido às atividades de auxiliar na implementação das avaliações, e reunir com os alunos uma vez por semana, fora do horário de aula, para resolver exercícios e esclarecer dúvidas.

Desse modo, podemos destacar as características que mais diferenciam a presente metodologia daquela definida no SPI de Keller:

- A presença de aulas expositivas sem o exclusivo caráter motivacional;
- A diminuição drástica da participação dos monitores;
- A realização das avaliações em horários e dias determinados;
- Mudança da relação do professor com alunos e monitores;
- Supressão da avaliação final, mudando assim o critério da nota final que passa a não depender mais desta.

2.3 Justificativa para adoção destas variações

Uma vez, então, que coube ao professor sozinho a tarefa de corrigir as avaliações, não foi feita mais do que uma avaliação completa por semana. Nesse mesmo contexto, a avaliação final foi suprimida. As aulas expositivas foram mantidas, tendo como uma das razões a ausência de tempo para a elaboração de um material específico, contendo instruções claras sobre o conteúdo, idéias-chave e roteiro de estudo, o que resultou na necessidade de fazê-lo verbalmente.

2.4 Definição do conceito “Regular”

Outra questão fundamental foi como definir o perfil do aluno com mínimo desempenho para ser considerado aprovado. Em outras palavras: como definir o aluno “Regular”? No contexto do SPI, a questão pode ser formulada ainda da seguinte forma: “qual o conteúdo mínimo no qual o aluno deveria mostrar domínio para ser aprovado no curso?”. A resposta encontrada pelo professor da disciplina foi que “o conteúdo mínimo deveria ser aquele, a partir do qual o estudante poderia sozinho, após o curso, estudar com relativa facilidade os tópicos que ele não concluiu no tempo regular do curso”. O conceito regular, portanto, seria dado ao aluno que tivesse mostrado domínio sobre todas as ferramentas matemáticas fundamentais, e numa parte significativa de aplicações dessas ferramentas à teoria eletromagnética. Nesse contexto, o aluno seria aprovado com os conceitos EXCELENTE, BOM e REGULAR, ao ter obtido no mínimo a aprovação, respectivamente, nas seguintes etapas e passos:

Etapa 4 / Passo 1 = Conceito EXCELENTE

Etapa 3 / Passo 3 = Conceito BOM

Etapa 3 / Passo 1 = Conceito REGULAR

Assim sendo, ao obter o conceito REGULAR o aluno obteve aprovação em relação ao aprendizado do conteúdo correspondente a todas as ferramentas matemáticas fundamentais.

2.5 Livro-texto adotado

Foi escolhido como livro-texto principal a referência EDMINISTER (1980), em virtude das seguintes características:

- Apresentava de modo sucinto os pontos fundamentais da teoria.
- Utilizava abordagem baseada na notação vetorial e Cálculo, dentro da proposta do professor.
- Apresentava problemas resolvidos e problemas sugeridos com respostas, o que poderia permitir ao aluno mais independência em trabalhar sozinho.

2.6 Plano de Curso

No início do curso, foi disponibilizado para os estudantes o documento reproduzido no Anexo A, definindo o “Plano de Curso”, o qual tomou como referência metodológica o Plano de Curso da disciplina Fundamentos de Psicologia Experimental, ministrada pelo professor Romariz Barros no Departamento de Psicologia Experimental da UFPA, no segundo semestre letivo de 2006. Vale mencionar que o próprio plano de curso inicialmente proposto sofreu algumas alterações no decorrer do curso, resultando num curso desenvolvido com as características descritas no item 2.2.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

No presente capítulo, descrevemos e analisamos uma pesquisa de opinião realizada com os alunos ao final do curso. A pesquisa foi realizada com base num questionário de múltipla escolha (vide Apêndices A e B), e com base na coleta de opiniões expressadas livremente pelos alunos (vide Apêndice C), pelo professor e pelos monitores. Os alunos não se identificavam em qualquer um desses documentos.

Foram passados dois tipos de questionários: metade da turma respondeu ao questionário mostrado no Apêndice A, enquanto outra metade respondeu ao mostrado no Apêndice B, para que não houvesse um padrão de respostas por responder apenas um tipo de questionário. Ambos os questionários abordaram as mesmas questões, apenas apresentando-as de modo diferente: num deles, o estudante avaliava a metodologia aplicada tomando como referência o STE (vide Apêndice A); em outro, avaliava o STE tomando como referência a metodologia aplicada (vide Apêndice B). Ambos os questionários se correlacionam conforme mostrado no Quadro 1.

Se a resposta de um aluno no questionário do Apêndice B foi:	A resposta equivalente no questionário do Apêndice A era:
Muito Menor	Muito Maior
Muito Maior	Muito Menor
Menor	Maior
Maior	Menor
Atrapalha muito o aprendizado	Ajuda muito o aprendizado
Ajuda muito o aprendizado	Atrapalha muito o aprendizado
Atrapalha o aprendizado	Ajuda o aprendizado
Ajuda o aprendizado	Atrapalha o aprendizado
Não	Sim
Sim	Não
Se a resposta de um aluno no questionário do Apêndice B foi:	A resposta equivalente no questionário do Apêndice A seria:
Muito pior	Muito melhor
Muito melhor	Muito pior
Pior	Melhor
Melhor	Pior

Quadro 1 – Correspondência das respostas dos alunos no questionário do Apêndice B para o do Apêndice A.

Os questionários foram concebidos baseados na Escala de Likert (Web Center for Social Research: Likert Scaling - 2007). Para compor os enunciados de cada item do questionário, utilizamos características típicas observadas no SPI, conforme mencionadas na literatura, além de outras que julgamos importantes para complementar nossa análise. Cada item comparava a metodologia aplicada no curso, com o STE, sendo que este já havia sido vivenciado pelos alunos em outras disciplinas de Física, estes estariam a princípio aptos a comparar ambas as metodologias aplicadas em contextos parecidos.

4 RESULTADOS

4.1 Registro da evolução temporal da turma em relação aos passos

Mostraremos aqui os dados que revelam o estado da turma (28 alunos), semana a semana do curso, em relação ao ritmo próprio de aprendizado, o que pode ser visualizado através dos gráficos a seguir.

1ª semana de curso: No gráfico 1 observa-se que todos os 28 alunos se encontram na etapa/passos 1/1, é a primeira semana do curso e ainda não havia nenhuma avaliação a realizar.

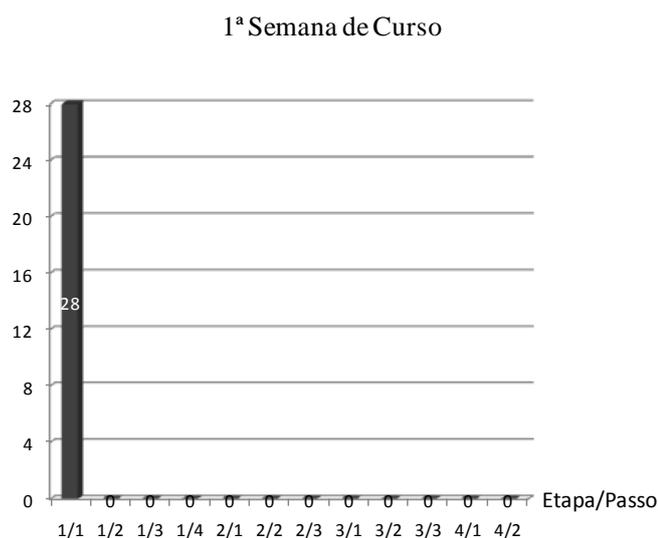


Gráfico 1 – Evolução temporal da turma na primeira semana de curso.

2ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1. A partir da 2ª semana de curso iniciam-se as avaliações. Verifica-se que somente 21 alunos se submetem a etapa/passos 1/1, ficando 7 alunos de fora.

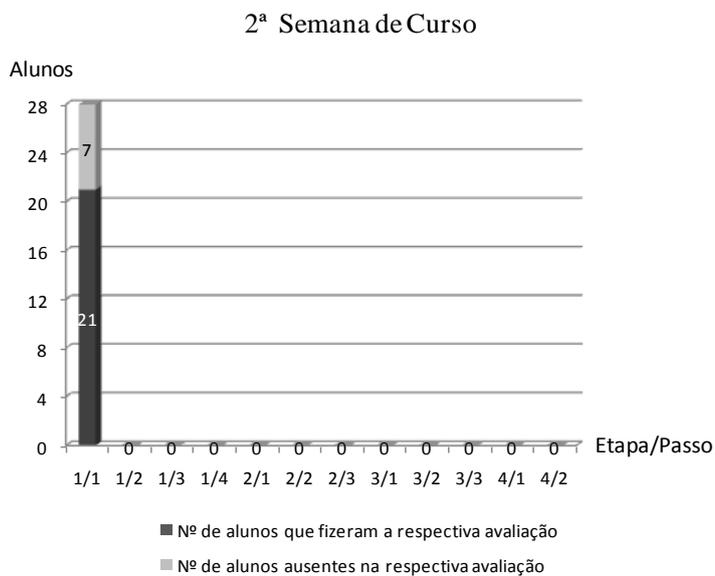


Gráfico 2 – Evolução temporal da turma na segunda semana de curso.

3ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1 e 1/2.

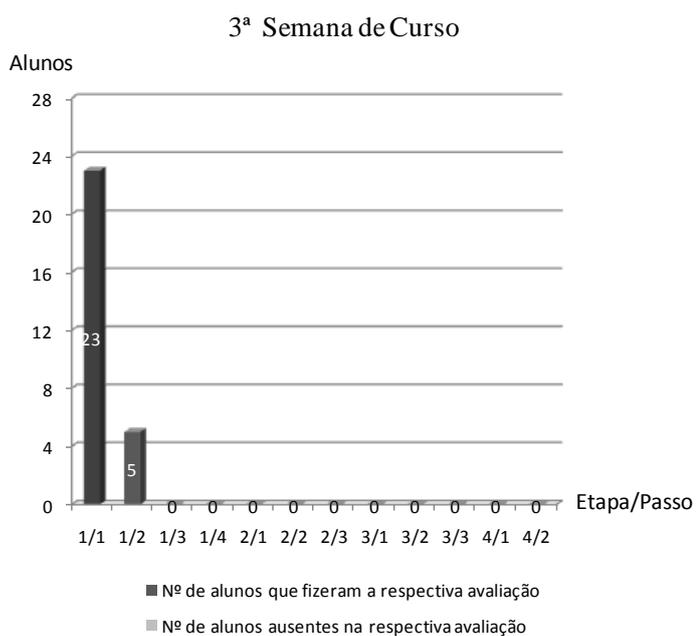


Gráfico 3 – Evolução temporal da turma na terceira semana de curso.

4ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1, 1/2 e 1/3.

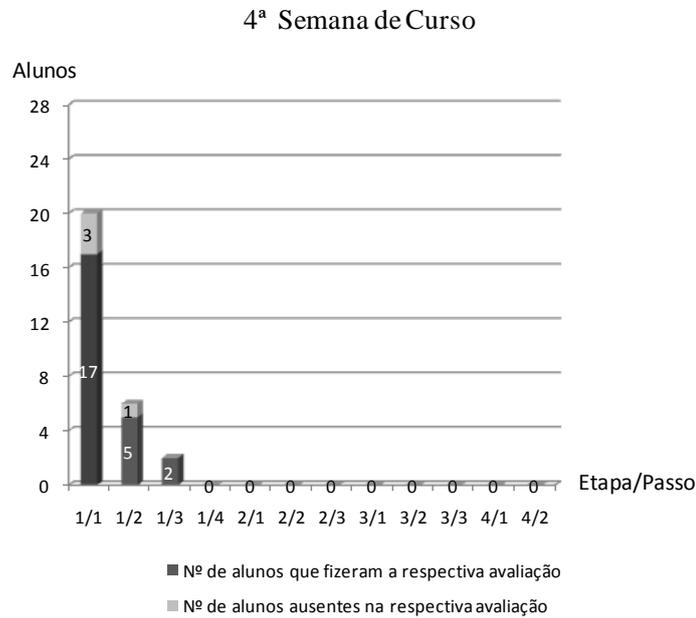


Gráfico 4 – Estado da turma na quarta semana de curso.

5ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1, 1/2 e 1/4.

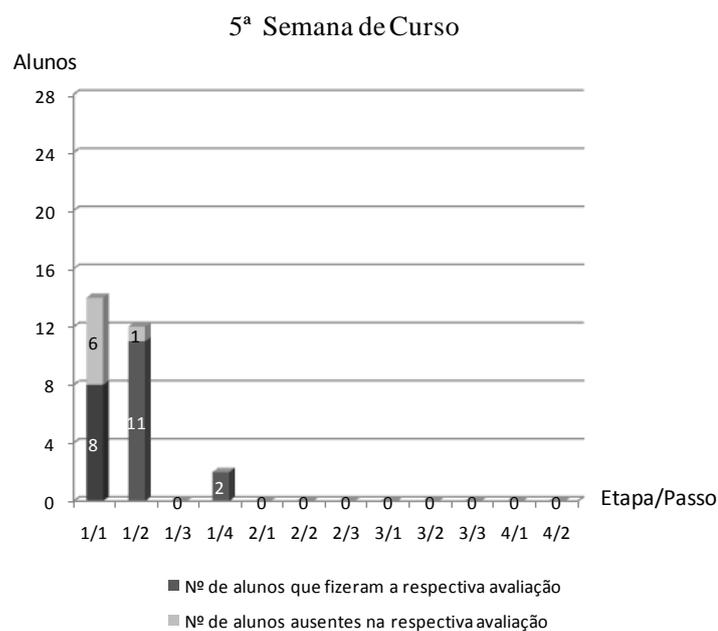


Gráfico 5 – Estado da turma na quinta semana de curso.

6ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1, 1/2, 1/3 e 2/1.

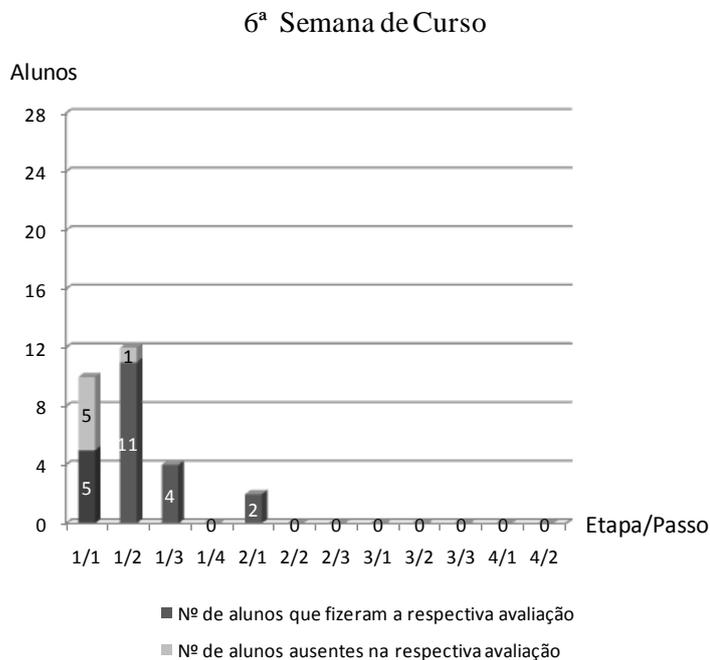


Gráfico 6 – Estado da turma na sexta semana de curso.

7ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1, 1/2, 1/3, 1/4 e 2/1.

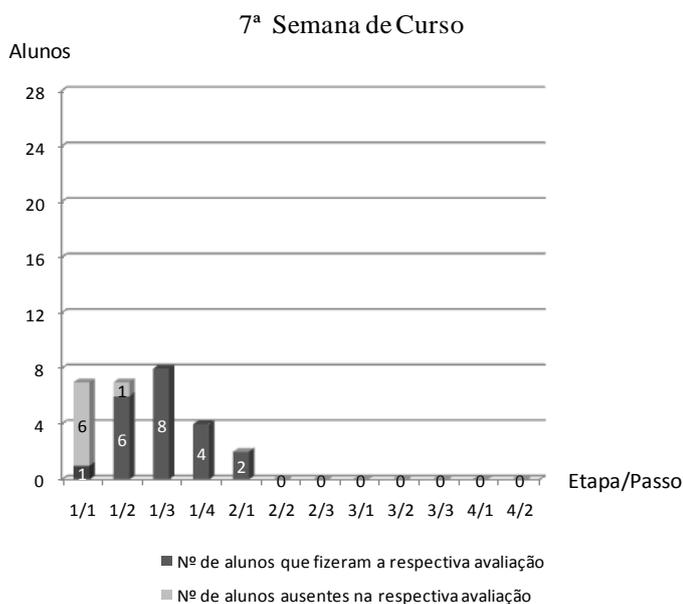


Gráfico 7 – Estado da turma na sétima semana de curso.

8ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1, 1/3, 1/4, 2/1 e 2/2:

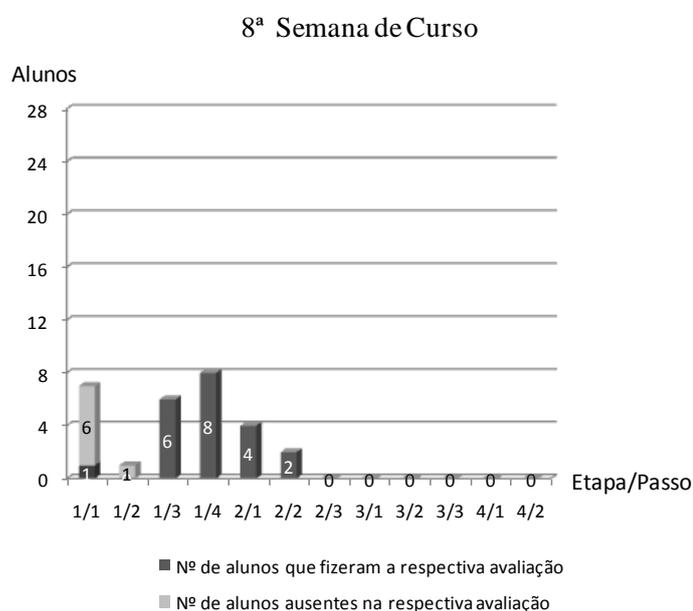


Gráfico 8 – Estado da turma na oitava semana de curso.

9ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1, 1/3, 1/4, 2/1 e 2/2.

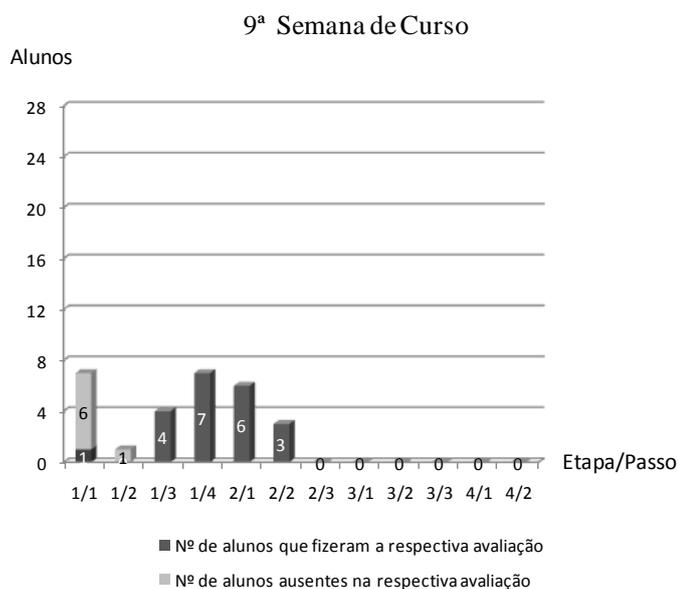


Gráfico 9 – Estado da turma na nona semana de curso.

10ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/1, 1/3, 1/4, 2/1, 2/2 e 2/3.

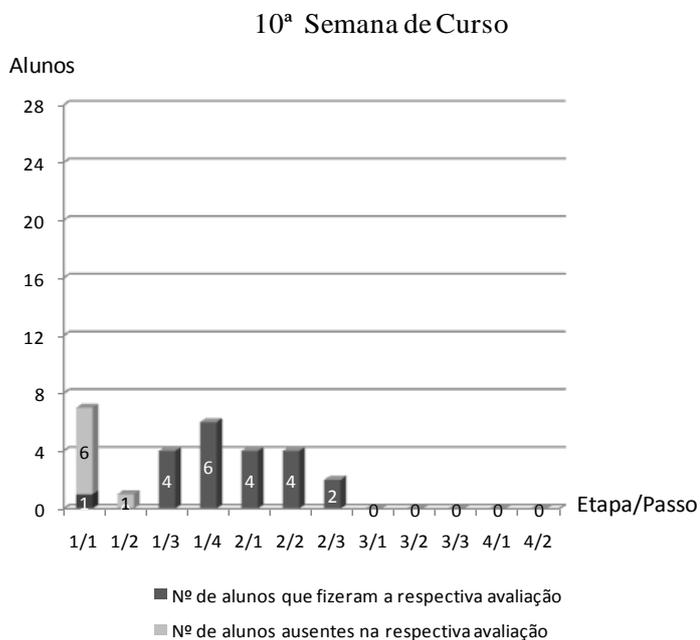


Gráfico 10 – Estado da turma na décima semana de curso.

11ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 1/2, 1/3, 1/4, 2/1, 2/2, 2/3 e 3/1.

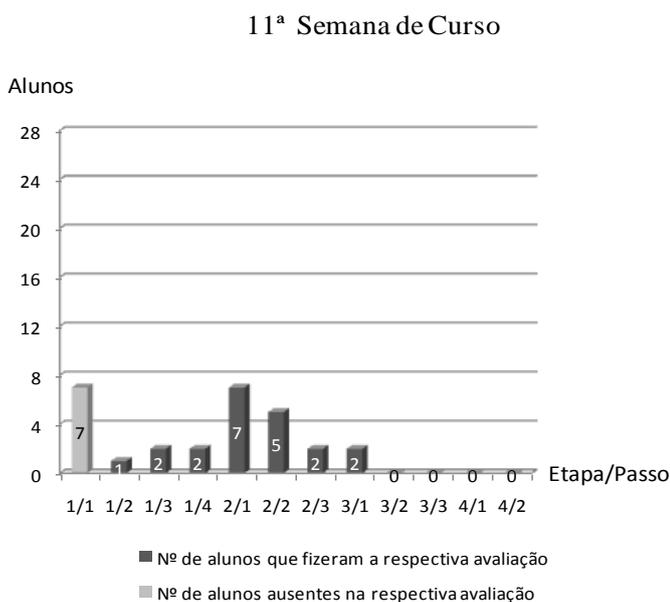


Gráfico 11 – Estado da turma na décima primeira semana de curso.

12ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 2/1, 2/2, 2/3, 3/1 e 3/2. Neste ponto todos que estão ausentes da 1/1 até a 1/3 (correspondem aos 10 alunos reprovados) não têm mais chances de aprovação.

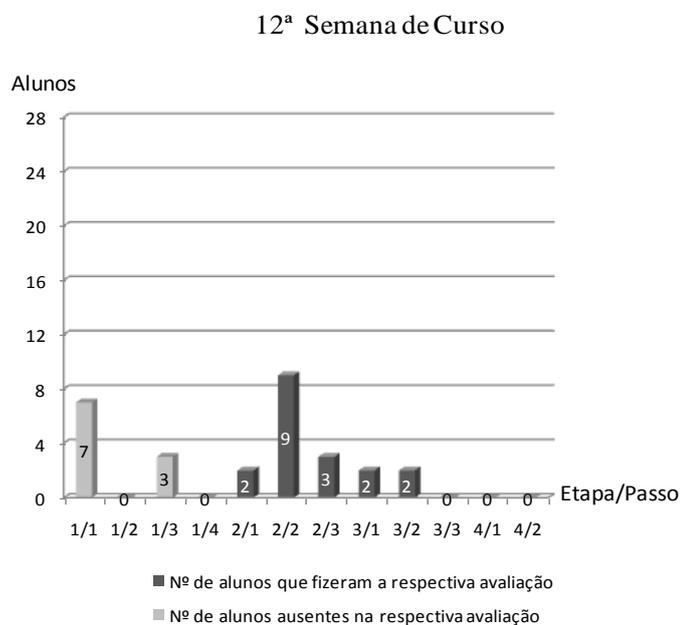


Gráfico 12 – Estado da turma na décima segunda semana de curso.

13ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 2/2, 2/3, 3/1 e 3/2.

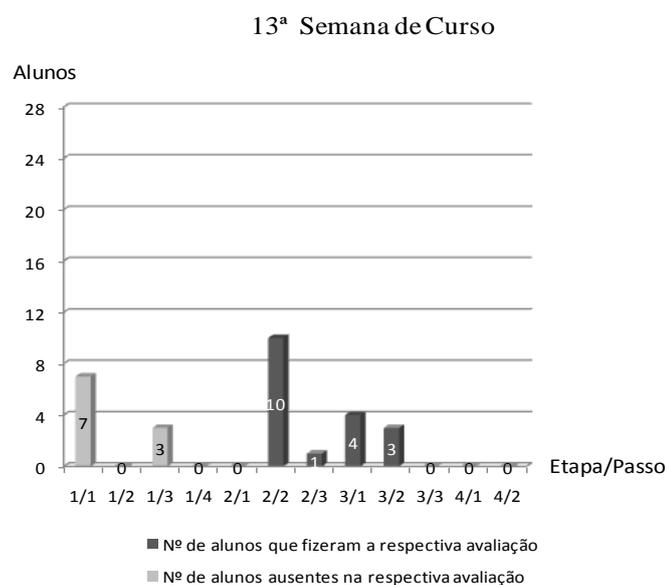


Gráfico 13 – Estado da turma na décima terceira semana de curso.

14ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 2/2, 2/3, 3/1, 3/2 e 3/3.

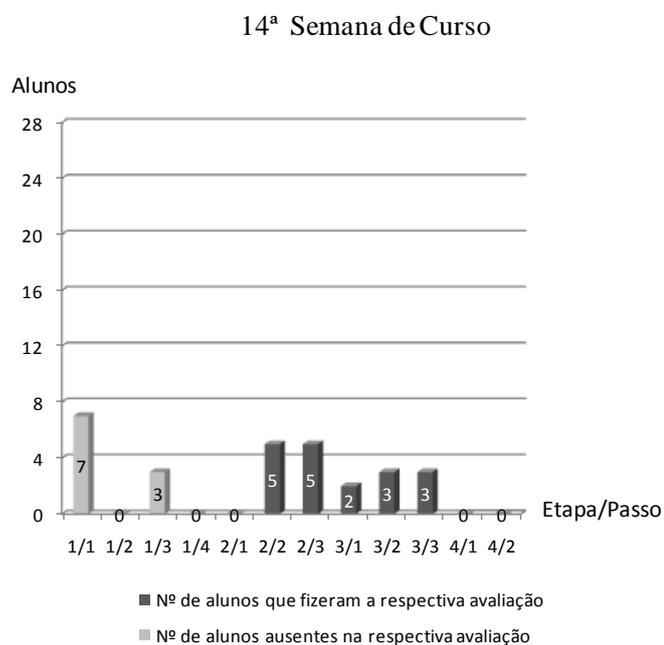


Gráfico 14 – Estado da turma na décima quarta semana de curso.

15ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 2/2, 2/3, 3/1, 3/2, 3/3 e 4/1.

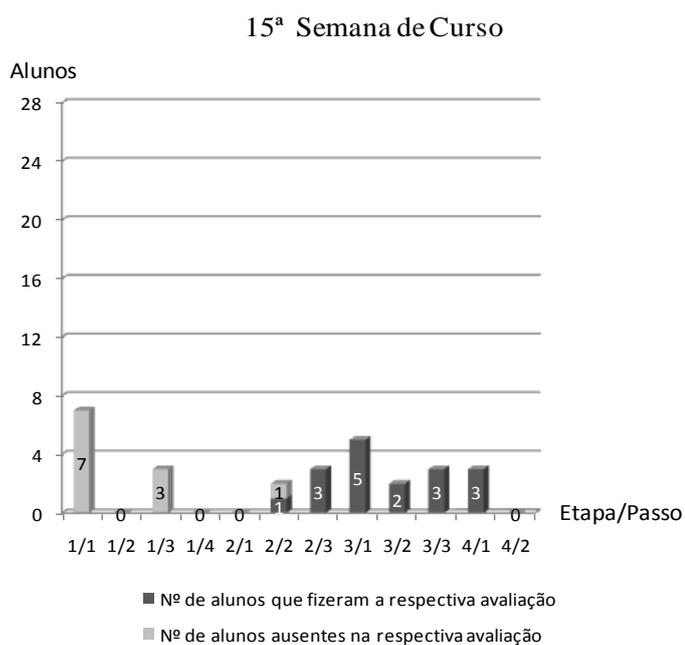


Gráfico 15 – Estado da turma na décima quinta semana de curso.

16ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 2/3, 3/1, 3/2, 3/3 e 4/1.

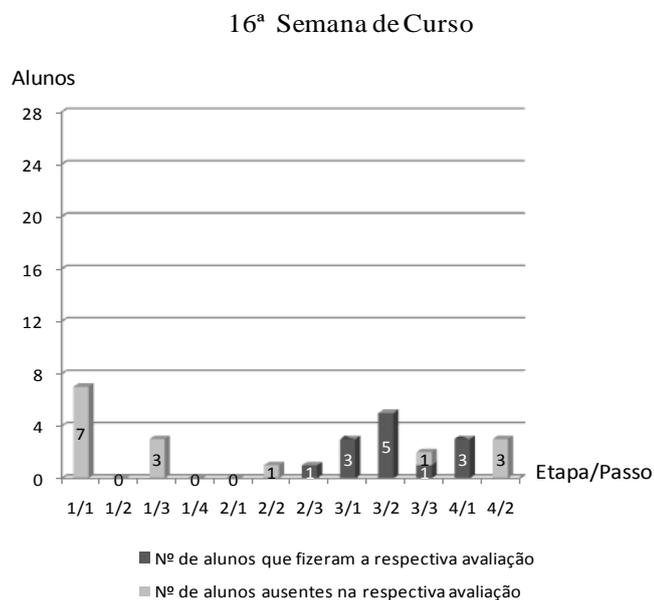


Gráfico 16 – Estado da turma na décima sexta semana de curso.

17ª semana de curso: Etapa/Passo das avaliações completas realizadas na semana: 3/1, 3/2, 3/3 e 4/1. Na última semana de avaliações, o aluno que aparece na 3/1 conseguiu aprovação nesta semana, contabilizando os 17 aprovados.

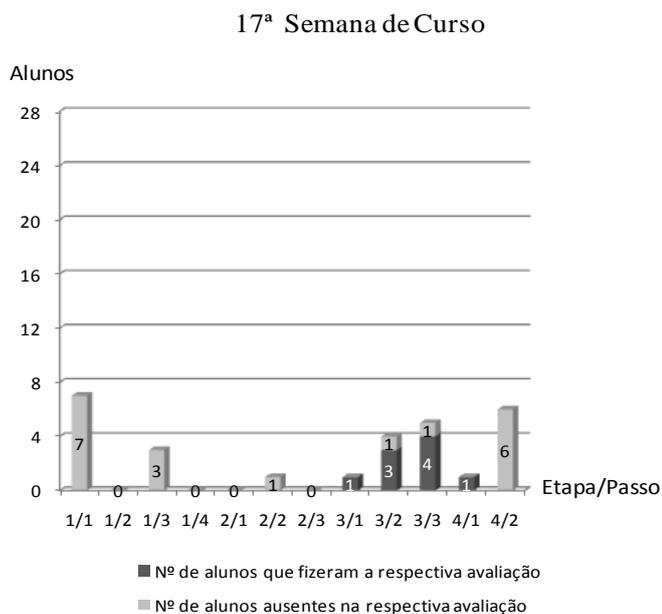


Gráfico 17 – Estado da turma na décima sétima semana de curso.

18ª semana de curso: Resultado final das avaliações.

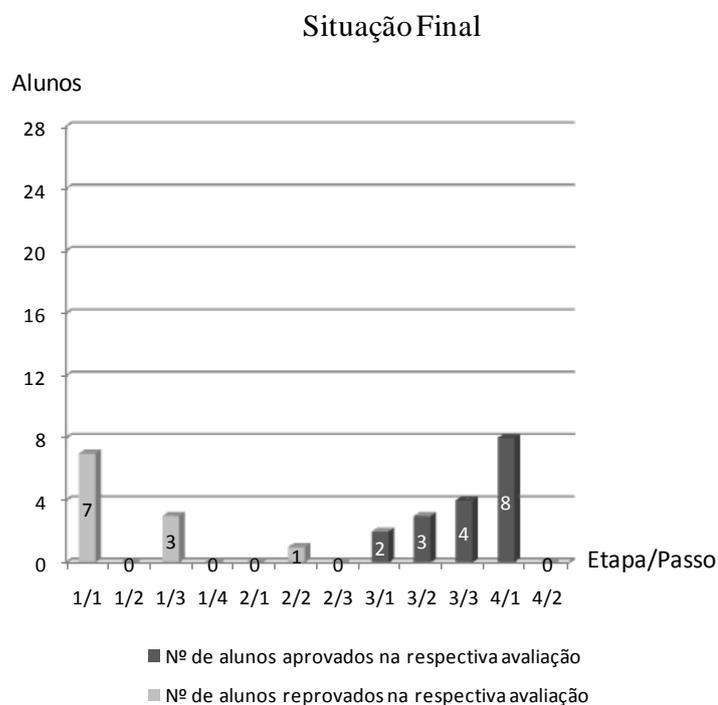


Gráfico 18 – Estado da turma no término do curso.

A evolução da turma registrada mostra seu grau de heterogeneidade, com a observação de vários ritmos diferentes de aprendizagem. A máxima heterogeneidade dos alunos em relação às etapas do curso ocorreu na décima primeira semana do curso (Gráfico 11), quando sete etapas/passos distintos obtiveram a presença de alunos para a avaliação.

Ao final do curso temos 11 alunos reprovados, 5 alunos com conceito REGULAR, 4 alunos com conceito BOM e 8 alunos com conceito EXCELENTE.

4.2 Resultado do questionário de questões objetivas

Responderam ao formulário com questões objetivas, 22 alunos de um total de 28. Os 22 alunos que participaram desta etapa da pesquisa estavam distribuídos da seguinte forma: 77,27% de aprovados e 22,73% de reprovados. Dentre os aprovados, os conceitos se distribuía da seguinte forma: Excelente: 36,36%; Bom: 18,18% e Regular: 22,73%.

Para fins de análise das respostas do questionário mencionado no Capítulo 3, mapeamos todas as respostas ao questionário mostrado nos Apêndices A e B (conforme Quadro 1, Cap. 3), obtendo a tabela resultante mostrada nos Quadros de 2 a 11, aqui dividida por assuntos, a qual exibe o resultado efetivo da resposta dos questionários. Note que, quando o quadro menciona a sigla SPI, esta significava para os alunos a metodologia² aplicada ao curso e não o SPI de Keller.

SOBRE O APRENDIZADO						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
1	Em relação ao STE, o SPI respeita o ritmo próprio do aluno de forma:	31,82	45,45	9,09	9,09	4,55
2	Em relação ao STE, o SPI exige para cada tópico estudado, uma compreensão dos conceitos:	27,27	45,45	22,73	0,00	4,55

Quadro 2 – Questionário comparando o aprendizado no STE com o SPI em relação ao aprendizado.

SOBRE O ESTUDO						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
3	Em relação ao STE, o SPI exige do aluno uma regularidade dos hábitos de estudo:	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00
4	Em relação ao STE, o SPI exige do aluno, considerando todo o curso, um tempo total de estudos:	54,55	36,36	4,55	0,00	4,55

Quadro 3 – Questionário de múltipla escolha comparando o estudo no STE com o SPI.

SOBRE AS AULAS						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
5	Em relação ao STE, o aluno no SPI depende das aulas expositivas em grau:	4,55	13,64	13,64	59,09	9,09
6	Em relação ao STE, do aluno no SPI é exigido um grau de participação nas aulas expositivas:	13,64	18,18	18,18	31,82	18,18

Quadro 4 – Questionário de múltipla escolha comparando as aulas no STE com o SPI.

² Vide Anexo A e Apêndice A.

SOBRE O CONTEÚDO						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
7	Em relação ao STE, o aluno no SPI desenvolve curiosidade pelos pormenores do conteúdo do curso, num grau:	13,64	22,73	50,00	13,64	0,00
11	Em relação ao STE, no SPI a sensação que o aluno tem de domínio do conteúdo é:	22,73	63,64	13,64	0,00	0,00

Quadro 5 – Questionário de múltipla escolha comparando o conteúdo no STE com o SPI.

SOBRE A AVALIAÇÃO						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
8	Em relação ao STE, no SPI a frustração do aluno diante de um insucesso numa avaliação é, em geral:	13,64	9,09	22,73	45,45	9,09
9	Em relação ao STE, no SPI a satisfação do aluno diante de um sucesso numa avaliação é, em geral:	27,27	18,18	27,27	22,73	4,55
12	Em relação ao STE, no SPI o grau de ansiedade do aluno diante de uma avaliação é, em geral:	18,18	9,09	18,18	36,36	18,18
14	Em relação ao STE, o SPI tende a avaliar o aluno com um grau de precisão:	45,45	45,45	4,55	4,55	0,00
		Ajuda muito o aprendiz	Ajuda o aprendiz	É indiferente ao aprendiz	Atrapalha o aprendiz	Atrapalha muito o aprendiz
17	No SPI, refazer a avaliação de um dos passos (ou parte dela), na qual o aluno não obteve sucesso, é um procedimento que:	54,55	45,45	0,00	0,00	0,00

Quadro 6 – Questionário de múltipla escolha comparando a avaliação no STE com o SPI.

SOBRE A SATISFAÇÃO						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
10	Em relação ao STE, no SPI a satisfação do aluno por conta da aquisição de conhecimento durante o curso é, em geral:	27,27	27,27	40,91	0,00	4,55

Quadro 7 – Questionário de múltipla escolha comparando a satisfação no STE com o SPI.

SOBRE O ESTRESSE						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
13	Em relação ao STE, no SPI o grau de estresse do aluno durante o curso é, em geral:	40,91	40,91	9,09	4,55	4,55

Quadro 8 – Questionário de múltipla escolha comparando o estresse no STE com o SPI.

SOBRE A AUTOCORREÇÃO						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
15	Em relação ao STE, o aluno no SPI percebe e corrige seus erros com frequência:	54,55	45,45	0,00	0,00	0,00

Quadro 9 – Questionário de múltipla escolha comparando a autocorreção no STE com o SPI.

SOBRE A INTERAÇÃO						
Questão	Enunciado	Muito Maior (%)	Maior (%)	Igual (%)	Menor (%)	Muito Menor (%)
16	Em relação ao STE, os alunos no SPI interagem entre si, em relação ao conteúdo, num grau:	40,91	31,82	9,09	9,09	9,09

Quadro 10 – Questionário de múltipla escolha comparando a interação no STE com o SPI.

SOBRE A METODOLOGIA						
Questão	Enunciado	Mais que três	Três	Duas	Uma	Zero
18	Num semestre letivo do curso de Física, o número de disciplinas ministradas com metodologia baseada no SPI deveria ser:	0,00	18,18	40,91	18,18	22,73
			Sim	Sim, mas com alterações	Não	
19	Caso você venha a ministrar um curso, você adotaria o modelo SPI implementado no curso de Física III como metodologia de ensino?	-----	13,64	68,18	18,18	-----
		Muito melhor	Melhor	Equivalente	Pior	Muito Pior
20	Finalizando, em relação ao STE, você avalia o SPI como:	27,27	59,09	9,09	0,00	4,55

Quadro 11 – Questionário de múltipla escolha sobre a metodologia do SPI.

4.3 Observações manifestadas pelos alunos

As observações feitas pelos alunos estão expostas ao longo da discussão no Capítulo 5.

4.4 Observações do professor

- O grau de conhecimento que o professor passa a ter de cada aluno é muito superior ao que se tem no STE, o que ocorre através das sistemáticas correções e discussões com os alunos sobre os erros e acertos em cada avaliação.
- Com o decorrer das atividades, a sala de aula tornou-se cada vez mais um local onde dificilmente se encontravam alunos que não estavam envolvidos com alguma atividade de avaliação, ou em discussões sobre o assunto entre si, ou com o professor. Ou seja, a participação dos alunos em sala de aula teve um aumento considerável.
- Os estudantes passaram a requerer cada vez mais, feedbacks mais rápidos sobre o resultado das avaliações.
- O grau de trabalho em termos de elaboração e correção de avaliações – o que na presente metodologia foi feito integralmente pelo professor - foi suficientemente grande, em comparação com o STE, para que dificilmente esta metodologia seja adotada por outros professores.
- As observações do professor indicam que o método adotado estreita a relação aluno-professor. Entretanto, a aplicação do método ainda requer muito mais investimento de tempo do que o STE, afastando a possibilidade de uso sistemático.

4.5 Observações dos monitores

- Dos 17 dias possíveis para a monitoria (quintas-feiras), o monitor esteve disponível em 10 desses dias.
- 25% dos alunos regularmente matriculados foram regularmente às aulas de monitoria (a frequência dos alunos não era obrigatória).
- A maior dificuldade, percebida por um dos monitores, em relação aos alunos, foi no Passo 01 da Etapa 01, tendo em vista que foi uma das provas mais discutidas no decorrer das aulas;
- Após o avanço dos alunos a procura pela monitoria foi diminuindo bruscamente;

5 DISCUSSÃO DOS DADOS

Quanto aos resultados mostrados nos Quadros de 2 a 11, na Seção 4.2, faremos a seguir um análise, incluindo opiniões expressas livremente pelos alunos através do documento mostrado no Apêndice C.

Sobre o aprendizado

Questão 1: 77,27% dos alunos responderam que a metodologia aplicada respeitou o ritmo próprio de aprendizagem de cada aluno de forma maior ou muito maior, em comparação ao STE. Isto indica que a metodologia aplicada pode ser capaz de reproduzir um dos resultados obtidos com a aplicação do SPI de Keller: respeito maior do ritmo próprio de cada indivíduo (KELLER, 1968; KULIK, 1974). Observamos que 77,27% é exatamente a porcentagem dos alunos aprovados que responderam ao questionário. Por outro lado, a porcentagem dos que escolheram que o respeito ao ritmo próprio é igual, menor ou muito menor, foi de 22,73%, exatamente a porcentagem dos alunos que receberam conceito insuficiente e responderam à pesquisa. Devido ao anonimato, não podemos ter certeza de que o grupo de alunos reprovados é que compõe integralmente estes 22,73%. Mas, supondo que de fato tenham sido os alunos reprovados os que apontaram que o método aplicado respeita o ritmo próprio do aluno de modo igual, menor ou muito menor do que o STE, acreditamos que isto aponte para a necessidade de ajustes na metodologia de modo a atender ao ritmo próprio desse grupo de alunos. Esta suposição pode ser reforçada pela exposição feita por um dos alunos através do documento mostrado no Apêndice C, no qual, ao se declarar desistente, afirmou: “O que me desanimou foi observar os meus colegas passando para os próximos passos e eu não ter acompanhado o ritmo.”

Questão 2: 72,72% dos alunos responderam que a metodologia aplicada exigiu uma compreensão maior ou muito maior dos conceitos, em relação método tradicional. Acreditamos que isso se deve ao fato de que, no método utilizado, cada avaliação de um passo seguinte significa que o aluno teve que ter total êxito na avaliação anterior. Estes resultados indicam que a metodologia aplicada pode reproduzir outro dos resultados obtidos com a aplicação do SPI: exigir do estudante maior compreensão dos conceitos básicos (KELLER, 1968).

Sobre o estudo

Questão 3: 100% dos alunos responderam que a metodologia aplicada exige uma regularidade dos hábitos de estudo maior ou muito maior. Esta opinião independeu dos alunos terem sido aprovados ou não. Isto parece indicar que o método aplicado pode reproduzir outros resultados obtidos com a aplicação do SPI: maior regularidade nos hábitos de estudo (KELLER, 1968). Um dos alunos faz o seguinte comentário: “O fato de fazer o aluno estudar para vencer 100% das provas, cria a responsabilidade de toda semana estudar, o que não ocorria no método tradicional”.

Questão 4: 90.91% dos alunos responderam que a metodologia aplicada exige um tempo total de estudos maior ou muito maior, exigência esta que também foi observada no SPI (KULIK, 1974). Isso é retratado por um aluno da seguinte forma: “O método é bom, mas tem, a meu ver, um problema: no SPI o aluno tem que dedicar um tempo muito grande para estudar sozinho, já que o professor vai apenas orientá-lo. E para pessoas que precisam trabalhar, não tem todo esse tempo disponível”. Dessa forma, o resultado da questão 4 indica que a metodologia aplicada acabou exigindo um maior engajamento dos estudantes, em relação ao STE. Mas, na visão desse estudante, isso entra como um fator negativo, devido a sua realidade social de ter que trabalhar e cursar a universidade juntos.

Sobre as aulas

Questão 5: Quase 68,18% dos estudantes acharam que a dependência da aula expositiva no método aplicado é menor do que no STE. Isso não necessariamente significou fator positivo para todos, como podemos ver na declaração do aluno na questão anterior. Já outro aluno viu de forma positiva a diminuição da dependência das aulas expositivas: “A presença de um professor somente para o auxílio de questionamentos é algo que simboliza que o aluno tem plenas condições de aprender as mais variadas coisas sozinho”.

Questão 6: Houve um resultado equilibrado entre os estudantes que manifestaram opinião de que a metodologia aplicada exige um grau de participação nas aulas expositivas (o quanto o

aluno tem que se envolver na aula ou prestar atenção) menor ou muito menor, e os que acharam que a participação necessária é igual, maior, ou muito maior do que o STE.

Sobre o conteúdo

Questão 7: A maioria (63.64%) dos alunos que responderam à pesquisa, indicou que o método utilizado não aumentou a curiosidade sobre os detalhes dos assuntos ministrados no curso, em relação ao STE. Levando em conta que o material (livro-texto) foi no mesmo estilo do usualmente adotado em cursos do STE, isto pode estar indicando que o desenvolvimento da curiosidade pode estar mais relacionado ao material de ensino ou a algum outro fator didático. Em outras palavras, se, por exemplo, o livro-texto adotado é confuso, monótono, não capaz de despertar o interesse do aluno pelo assunto, pode ser que a sistemática de *feedback* ao aluno provida pela metodologia aplicada, ou pelo próprio SPI, seja pouco eficaz no estímulo da curiosidade. Na presente experiência, relatos feitos livremente através do documento mostrado no Apêndice C consideraram a bibliografia muito inadequada, por estar escrita em inglês, dificultando a leitura, além de ter um texto muito abstrato, difícil de obter, entre outros, eram comuns nas colocações.

Questão 11: 83,37% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, a sensação de domínio obtida é maior ou muito maior do que no sistema tradicional; 13,64% responderam que é igual e 0% de que é menor ou muito maior. O aluno pode estar se sentindo seguro naquilo que estudou e aprendeu com o uso do método. Este resultado provavelmente está relacionado com a necessidade de aluno mostrar 100% de domínio em cada avaliação, o que é uma característica bem diferenciada em relação às avaliações do STE. Um aluno fez a seguinte afirmação: “Seria muito interessante se o método fosse aplicado em todas as Físicas, seja Física I, II, III ou IV, uma vez que o aluno sairia sem dúvida alguma de um curso desse tipo com muito conhecimento teórico da disciplina ministrada.”

Sobre a avaliação

Questão 8: Cerca de 54% dos alunos afirmaram que a frustração diante do insucesso numa avaliação, no contexto no método aplicado, é menor ou muito menor do que no STE. Este

resultado deve ser originado no fato de que o insucesso em uma das avaliações, no contexto da metodologia aplicada no curso (e também no SPI), não implica em punição, mas sim em que o aluno precisa aprimorar-se mais em determinado conteúdo a partir do *feedback* recebido naquela avaliação, para obter melhores resultados numa avaliação seguinte. Um dos alunos destaca sobre o método aplicado: “O método utilizado, no geral, pareceu ser mais produtivo. O método, da forma como foi utilizado, permitiu maior chance para que os alunos obtivessem melhores conceitos no curso devido às chances extras para realizar as provas”.

Questão 9: Houve certo equilíbrio entre as opiniões em relação ao sentimento de sucesso numa avaliação no contexto do método aplicado, se comparado ao STE.

Questão 12: Para 54.44% dos alunos o grau de ansiedade diante de uma avaliação na metodologia usada foi menor ou muito menor, em comparação com o STE. É interessante notar que aproximadamente a mesma porcentagem deu a opinião (questão 8) de que a frustração diante do insucesso seria menor ou muito menor.

Questão 14: 90.90% dos alunos responderam que a metodologia aplicada avalia o estudante com um grau de precisão maior ou muito maior do que o STE. Esse grau de precisão que o aluno se refere, está relacionado aos 100% de aproveitamento em cada avaliação que ele deve obter para poder avançar no curso, assim como, na divisão maior dos detalhes do conteúdo em unidades e na quantidade de avaliações para englobá-lo. Um dos alunos destaca: “Diminuir a margem para menos de 100% de acerto nas avaliações, fará com que o aluno passe sem corrigir erros que irão ser prejudiciais em outras horas.”

Questão 17: 100% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, refazer a avaliação completa, ou uma complementar, na qual o estudante não obteve sucesso, é um procedimento que ajuda ou ajuda muito o aprendizado. Este é um resultado muito expressivo, visto que mesmo os estudantes reprovados que responderam à pesquisa manifestaram esta opinião.

Sobre a satisfação

Questão 10: 54,54% dos alunos, responderam que tiveram mais satisfação em obter conhecimento pelo método aplicado, em relação ao STE.

Sobre o estresse

Questão 13: 81,82% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, o grau de estresse durante o curso é maior ou muito maior do que no sistema tradicional. A porcentagem da regularidade maior nos estudos (questão 3), o tempo maior de estudo sob a metodologia (questão 4) podem indicar as fontes desse estresse.

Sobre a autocorreção

Questão 15: 100% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, o estudante percebe e corrige seus erros com frequência maior ou muito maior do que no STE. Este é um resultado muito expressivo, visto que mesmo os estudantes reprovados que responderam à pesquisa manifestaram esta opinião. Isto, provavelmente, está relacionado com dois fatores: o maior grau de precisão na avaliação (apontado na questão 14), e o requisito de o aluno ter que fazer nova avaliação enquanto ainda não tiver obtido 100% de aproveitamento.

Sobre a interação

Questão 16: 72,73% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, a interação entre os alunos ocorre de modo maior ou muito maior do que no STE. Este é outro resultado marcante. Uma vez que existem mais avaliações, regularidade nos hábitos de estudo (questão 3) e mais tempo investido no estudo (questão 4), acreditamos que naturalmente surjam maior quantidade de questionamentos, dúvidas e necessidade de resolver exercícios, o que implicaria em troca de informação e cooperação entre os estudantes em relação ao conteúdo do curso. Apesar das características de ensino individualizado na metodologia adotada no curso, isto não significou tendência a isolamento dos sujeitos envolvidos, pelo contrário.

Sobre a metodologia

Questão 18: 77,27% dos alunos responderam que ao menos uma e no máximo três disciplinas por semestre letivo deveriam ser ministradas com a metodologia em questão.

Questão 19: 81,82% dos alunos responderam que, caso viessem a ministrar um curso, adotariam a metodologia em questão. No entanto 68,18% responderam que fariam isso com alterações. Algumas sugestões, expressas livremente pelos estudantes através do documento mostrado no Apêndice C, apontam quais alterações seriam essas:

- “As duas formas de avaliação (STE e a metodologia do curso), não devem ser sobrepostas ao mesmo momento, em disciplinas diferentes, é claro, pelo fato de haver uma incompatibilidade na disponibilidade, por parte dos alunos em concentrar a atenção necessária no método empregado, cuja atenção é bastante considerável em comparação ao STE. Por isso, necessitaria de algumas modificações para não influenciar o desempenho do aluno em outras matérias.”
- “Ter um “estoque” de avaliações, pois provas muito parecidas levam os alunos a decorar as soluções.”
- “Realização das provas complementares em horário diferente da aula de exercícios, possibilitando que os alunos estejam presentes em ambas.”
- A questão da bibliografia foi praticamente unanimidade. No geral, os alunos a consideraram muito inadequada. Fatores como estar escrita em inglês dificultando a leitura, ser muito abstrata, difícil de obter, entre outros, eram comuns nas colocações.

Questão 20: No balanço geral, 86,36% dos alunos responderam que a metodologia aplicada é melhor ou muito melhor do que no STE.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método aqui analisado utilizou menos avaliações do que o proposto no plano original de Keller e concentrou no professor a missão de avaliar cada estudante, gerando sobrecarga para o professor, de modo que novas adaptações ainda são necessárias. Tais adaptações podem levar em conta o uso de novas tecnologias para criar mecanismos que facilitem a elaboração e correção das avaliações, principalmente em disciplinas onde as avaliações envolvem longos cálculos a serem verificados. Entretanto, os resultados obtidos dão indícios de que a metodologia de ensino individualizado aqui analisada pode trazer aos alunos benefícios similares aos obtidos pelo SPI.

Algumas potencialidades positivas da metodologia foram destacadas, tais como: um maior respeito ao ritmo de aprendizado; a exigência acentuada da compreensão dos conceitos envolvidos; maior engajamento nos estudos; dependência menor da aula expositiva, reforçando a autonomia do aluno; menor frustração diante de um insucesso nas avaliações; sensação maior de domínio dos conteúdos; menor ansiedade diante de uma avaliação; precisão maior nas avaliações; maiores possibilidades para o aluno perceber e corrigir seus erros e a interação maior entre os alunos.

Em alguns aspectos, a metodologia empregada não produziu indícios de resultados melhores se comparados com o STE; por exemplo, a curiosidade dos alunos em relação aos conteúdos do curso foi em sua maioria igual ou inferior, sugerindo mudanças no material de ensino ou na didática empregada; o sentimento de sucesso nas avaliações não foi evidenciado; houve também similaridade na satisfação pelo conhecimento alcançado. Adaptações e investigações são necessárias ainda para dar conta do maior nível de estresse apontado pelos estudantes, bem como para dar suporte diferenciado aos estudantes que se travam no processo, sem conseguir avançar nos passos propostos.

As observações da monitoria, juntamente com os gráficos de 1 a 7 (Seção 4.1) evidenciam que, em média, a turma não iniciou o curso com o conhecimento de análise vetorial necessário para avançar no curso. Portanto, boa parte dos alunos levou quase 2 meses para chegar onde já era esperado que estivessem no primeiro dia do curso. Isto aponta para uma falha na formação dos alunos do curso de Física na UFPA. Além de uma questão específica da UFPA, as metodologias de ensino individualizado podem prover um perfil da turma, de sua evolução, pontos fortes e fracos, muito mais detalhado do que no STE.

6 REFERÊNCIAS

AUSUBEL D.P., NOVAK J.D. e HANESIAN H., *Psicologia Educacional*, Segunda Edição, Editora Interamericana, 1980.

BEZERRA, P. C., GOMES, L. C.. *Extensão do método de Keller para um grande número de alunos*. Revista Brasileira de Física, Vol. 3, nº 1, 1973.

BEZERRA, P. C., GOMES, L. C. e FILHO, J. M.. *Um modelo dinâmico probabilístico para o método Keller*. Revista Brasileira de Física, Vol. 4, nº 1, 1974.

BRANSFORD, J. D., BROWN A. L. e COCKING R. R., Editores, *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, The National Academies Press, 1999.

BROOKS D.W., NOLAN D.E., GALLAGHER S., *Automated Testing*, *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 12, 2 (2003).

BUCHWEITZ, B. e DIONÍSIO, P. H.(s.d.). *O sistema Keller em física geral na UFRGS*. Acesso em 10 de agosto de 2007, disponível em:

<<http://www.sbfisica.org.br/bjp/download/v06e/v06a67.pdf>>.

DIONÍSIO, P. H. e MOREIRA, M. A.. *Estudo comparativo dos métodos Keller e tradicional em termos de conhecimento adquirido e índice de desistências*. Revista Brasileira de Física, Vol 5, nº 1, 1975.

FRIEDMAN, C.P.. *A model for improving "advanced" courses*. American Journal of Physics, Vol 40, nº 1602 (1972).

GREEN, B. A.. *Physics teaching by the Keller plan at MIT*. American Journal of Physics, Vol 39, nº 764 (1971).

EDMINISTER, J. A. *Eletromagnetism*. McGraw-Hill, 1980.

FOX, E. J.. *The personalized system of instruction: A flexible and effective approach to mastery learning*. In D. J. Moran & R. W. Malott (Eds.), *Evidence-based educational methods* (pp. 201-221). San Diego: Elsevier Academic Press, 2004.

GOULART, I. B. *Psicologia da educação*. Editora Vozes, 12ª edição, Petrópolis, 2005.

KELLER, F.S.. "Good-bye teacher...". *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1, pp. 79-89, 1968.

KULIK, J. A., CARMICHAEL, K. e KULIK, C. L. *The Keller plan in science teaching*. Science, Vol. 183. nº 4123, pp. 379 – 3831, 1974.

LIU, H. Q., *Development of an Online Course using a Modified Version of Keller's Personalized System of Instruction*. Blacksburg, Virginia, 2003. 143 p. Dissertation (Doctor of Philosophy In Curriculum and Instruction) - Virginia Polytechnic Institute and State University, 2003.

MARTIN, T. L., PEAR, J. J. e MARTIN G. L., *Feedback and its effectiveness in a computer-aided personalized system of instruction course*. Journal of Applied Behavior Analysis, Vol 35, nº 4, pp. 427 – 430, 2002.

MOREIRA, M. A.. *Observações e comentários sobre dois sistemas de instrução individualizada*. Revista Brasileira de Física, Vol. 3, nº1, 1973.

MOREIRA, M. B., “*Em casa de ferreiro, espeto de pau*”: o ensino de Análise Experimental do Comportamento. Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva, Vol. VI, nº1, 073-080, 2004.

MOURA, S. A. de. *Projeto de recuperação paralela da matemática básica através da utilização de objetos de aprendizagem multimídia*. Rio de Janeiro, 2005.233p. Dissertação (Mestrado em Informática) - Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, UFRJ, 2005.

NUSSENZVEIG, H. M., *Curso de física básica*, Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1997.

PEAR, J. J. e CRONE-TODD, D. E., *Personalized system of instruction in cyberspace*. Journal of Applied Behavior Analysis, Vol 32, nº 2, pp. 205 – 209, 1999.

SCHNETZLER, R. P. e SANTOS, W. L. P. *Educação em química – compromisso com a cidadania*. Editora Unijuí, 2ª edição, 2000.

SHERMAN, J. G.. *Reflections on PSI: Good news and bad*. Journal of Applied Behavior Analysis, Vol 25, nº 1, pp. 59-64, 1992.

SKINNER, B. F.. *Tecnologia do ensino*. Englewood Cliffs, Editora Pedagógica e Universitária, 1972.

TAVEGGIA, T.C., *Personalized instruction: A summary of comparative research, 1967-1974*, American Journal of Physics, 44(11), 1028-1033 (1976).

TODOROV, J. C. (2005). *Ciência e comportamento humano*. Acesso em 05 de agosto de 2007, disponível em: <<http://www.abpmc.org.br/boletim/todorov.pdf>>.

WEB CENTER FOR SOCIAL RESEARCH: Likert Scaling. Disponível em:
<<http://www.socialresearchmethods.net/kb/scallik.php>>. Acesso em 12 de novembro de 2007.

7 APÊNDICE A



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE FÍSICA

Belém, 06 de julho de 2007.

Caros alunos,

Durante o primeiro semestre letivo de 2007 vocês participaram do curso de Física Elementar III, o qual teve sua metodologia de ensino baseada no Sistema Personalizado de Instrução (SPI), iniciado por Fred Keller. No contexto do curso de Física Elementar III, o SPI foi caracterizado por:

1. O estudo da disciplina foi dividido em 12 (doze) passos.
2. Das três aulas semanais, *em geral*:
 - A primeira aula da semana (segunda-feira) era reservada para que você fizesse uma avaliação dos seus conhecimentos sobre um dado passo.
 - A segunda aula da semana (quarta-feira) era reservada para uma aula expositiva, dada pelo professor.
 - A terceira aula da semana (sexta-feira) era reservada para:
 - a) Que você fizesse a avaliação complementar à avaliação da segunda-feira.
 - b) Ou para que você assistisse a uma aula expositiva de solução de exercícios.
3. Você só podia realizar uma verificação escrita por passo, por semana. Em cada avaliação semanal, você podia obter dois conceitos: V (passo vencido) e NV (passo não vencido). Caso o conceito fosse V, você poderia passar para a avaliação do passo seguinte. Caso contrário, você deveria repetir a avaliação do mesmo passo.

4. O conceito final Regular foi definido para o aluno que chegou até a obtenção do conceito V no passo número 8. O conceito final Bom, para o aluno que chegou até a obtenção do conceito V no passo 10. Já o conceito final Excelente, para o aluno que chegou até a obtenção do conceito V no passo 11.

Para fins de referência, consideremos o Sistema Tradicional de Ensino (STE), definido como as seguintes características:

1. Foco na aula expositiva.
2. Três ou quatro avaliações durante todo o semestre letivo.
3. A nota final é obtida como média aritmética das notas de cada avaliação:
 - a. O conceito final Regular é correspondente ao aluno que obteve média de 5,0 a 6,9;
 - b. O conceito final Bom é correspondente ao aluno que obteve média de 7,0 a 8,9;
 - c. O conceito final Excelente é correspondente ao aluno que obteve média de 9,0 a 10,0.

O objetivo deste questionário é avaliar o SPI, comparativamente ao STE. Nesse sentido, a partir de sua experiência com o SPI, utilizado no curso de Física Elementar III, busque comparar o SPI com o STE.

- 1) Em relação ao STE, o **SPI** respeita o ritmo próprio do aluno de forma:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 2) Em relação ao STE, o **SPI** exige para cada tópico estudado, uma compreensão dos conceitos:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 3) Em relação ao STE, **o SPI** exige do aluno uma regularidade dos hábitos de estudo:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 4) Em relação ao STE, **o SPI** exige do aluno, considerando todo o curso, um tempo total de estudo:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 5) Em relação ao STE, **o aluno no SPI** depende das aulas expositivas em grau:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 6) Em relação ao STE, **do aluno no SPI** é exigido um grau de participação nas aulas expositivas:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 7) Em relação ao STE, **o aluno no SPI** desenvolve curiosidade pelos pormenores do conteúdo do curso, num grau:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 8) Em relação ao STE, **no SPI** a frustração do aluno diante de um insucesso numa avaliação é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 9) Em relação ao STE, **no SPI** a satisfação do aluno diante de um sucesso numa avaliação é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 10) Em relação ao STE, **no SPI** a satisfação do aluno diante da aquisição de conhecimento durante o curso é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 11) Em relação ao STE, **no SPI** a sensação que o aluno tem de domínio do conteúdo é:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 12) Em relação ao STE, **no SPI** o grau de ansiedade do aluno diante de uma avaliação é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 13) Em relação ao STE, **no SPI** o grau de estresse do aluno durante o curso, é em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

14) Em relação ao STE, o **SPI** tende a avaliar o estudante com um grau de precisão:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

15) Em relação ao STE, o **aluno no SPI** percebe e corrige seus erros, com freqüência:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

16) Em relação ao STE, os **alunos no SPI** interagem entre si, em relação ao conteúdo, num grau:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

17) **No SPI**, refazer a avaliação de um dos passos (ou parte dela), na qual o estudante não obteve sucesso, é um procedimento que:

Ajuda muito o aprendizado	Ajuda o aprendizado	É indiferente para o aprendizado	Atrapalha o aprendizado	Atrapalha muito o aprendizado
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18) Num semestre letivo do curso de Física, o número de disciplinas ministradas com metodologia baseada **no SPI** deveria ser:

Mais que Três	Três	Duas	Uma	Zero
<input type="checkbox"/>				

19) Caso você venha a ministrar um curso, você adotaria o modelo de **SPI** implementado no curso de Física Elementar III como metodologia de ensino?

Sim	Sim, mas com alterações.	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20) Finalizando, em relação ao STE, você avalia o **SPI** como:

Muito melhor	Melhor	Equivalente	Pior	Muito pior
<input type="checkbox"/>				

8 APÊNDICE B



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE FÍSICA

Belém, 06 de julho de 2007.

Caros alunos,

Durante o primeiro semestre letivo de 2007 vocês participaram do curso de Física Elementar III, o qual teve sua metodologia de ensino baseada no Sistema Personalizado de Instrução (SPI), iniciado por Fred Keller. No contexto do curso de Física Elementar III, o SPI foi caracterizado por:

1. O estudo da disciplina foi dividido em 12 (doze) passos.
2. Das três aulas semanais, *em geral*:
 - A primeira aula da semana (segunda-feira) era reservada para que você fizesse uma avaliação dos seus conhecimentos sobre um dado passo.
 - A segunda aula da semana (quarta-feira) era reservada para uma aula expositiva, dada pelo professor.
 - A terceira aula da semana (sexta-feira) era reservada para:
 - c) Que você fizesse a avaliação complementar à avaliação da segunda-feira.
 - d) Ou para que você assistisse a uma aula expositiva de solução de exercícios.
3. Você só podia realizar uma verificação escrita por passo, por semana. Em cada avaliação semanal, você podia obter dois conceitos: V (passo vencido) e NV (passo não vencido). Caso o conceito fosse V, você poderia passar para a avaliação do passo seguinte. Caso contrário, você deveria repetir a avaliação do mesmo passo.
4. O conceito final Regular foi definido para o aluno que chegou até a obtenção do conceito V no passo número 8. O conceito final Bom, para o aluno que chegou até a

obtenção do conceito V no passo 10. Já o conceito final Excelente, para o aluno que chegou até a obtenção do conceito V no passo 11.

Para fins de referência, consideremos o Sistema Tradicional de Ensino (STE), definido como as seguintes características:

1. Foco na aula expositiva.
2. Três ou quatro avaliações durante todo o semestre letivo.
3. A nota final é obtida como média aritmética das notas de cada avaliação:
 - d. O conceito final Regular é correspondente ao aluno que obteve média de 5,0 a 6,9;
 - e. O conceito final Bom é correspondente ao aluno que obteve média de 7,0 a 8,9;
 - f. O conceito final Excelente é correspondente ao aluno que obteve média de 9,0 a 10,0.

O objetivo deste questionário é avaliar o STE, comparativamente ao SPI. Nesse sentido, a partir de sua experiência com o SPI, utilizado no curso de Física Elementar III, busque comparar o STE com o SPI.

- 1) Em relação ao SPI, o **STE** respeita o ritmo próprio do aluno de forma:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 2) Em relação ao SPI, o **STE** exige para cada tópico estudado, uma compreensão dos conceitos:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 3) Em relação ao SPI, o **STE** exige do aluno uma regularidade dos hábitos de estudo:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

- 4) Em relação ao SPI, o **STE** exige do aluno, considerando todo o curso, um tempo total de estudo:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

5) Em relação ao SPI, **o aluno no STE** depende das aulas expositivas em grau:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

6) Em relação ao SPI, **do aluno no STE** é exigido um grau de participação nas aulas expositivas:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

7) Em relação ao SPI, **o aluno no STE** desenvolve curiosidade pelos pormenores do conteúdo do curso, num grau:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

8) Em relação ao SPI, **no STE** a frustração do aluno diante de um insucesso numa avaliação é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

9) Em relação ao SPI, **no STE** a satisfação do aluno diante de um sucesso numa avaliação é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

10) Em relação ao SPI, **no STE** a satisfação do aluno diante da aquisição de conhecimento durante o curso é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

11) Em relação ao SPI, **no STE** a sensação que o aluno tem de domínio do conteúdo é:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

12) Em relação ao SPI, **no STE** o grau de ansiedade do aluno diante de uma avaliação é, em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

13) Em relação ao SPI, **no STE** o grau de estresse do aluno durante o curso, é em geral:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

14) Em relação ao SPI, **o STE** tende a avaliar o estudante com um grau de precisão:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

15) Em relação ao SPI, **o aluno no STE** percebe e corrige seus erros, com frequência:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

16) Em relação ao SPI, **os alunos no STE** interagem entre si, em relação ao conteúdo, num grau:

Muito maior	Maior	Igual	Menor	Muito Menor
<input type="checkbox"/>				

17) **No SPI**, refazer a avaliação de um dos passos (ou parte dela), na qual o estudante não obteve sucesso, é um procedimento que:

Ajuda muito o aprendizado	Ajuda o aprendizado	É indiferente para o aprendizado	Atrapalha o aprendizado	Atrapalha muito o aprendizado
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18) Num semestre letivo do curso de Física, o número de disciplinas ministradas com metodologia baseada **no SPI** deveria ser:

Mais que Três	Três	Duas	Uma	Zero
<input type="checkbox"/>				

19) Caso você venha a ministrar um curso, você adotaria o modelo de **SPI** implementado no curso de Física Elementar III como metodologia de ensino?

Sim	Sim, mas com alterações.	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20) Finalizando, em relação ao SPI, você avalia o **STE** como:

Muito melhor	Melhor	Equivalente	Pior	Muito pior
<input type="checkbox"/>				

9 APÊNDICE C

“Neste espaço você pode expressar suas opiniões, críticas e sugestões ao sistema SPI utilizado no curso de ‘Introdução aos Métodos Matemáticos para Física III’. Estas críticas podem ser estendidas à atuação do professor, à bibliografia ou outro aspecto prático do curso”.

10 ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

DISCIPLINA: Física Elementar III (ou Introdução à Teoria Eletromagnética)

Docente: Danilo Teixeira Alves

Monitores: Silvio Carlos Pereira Filho (Mestrando) e Wallace Elias (Graduando)

Semestre: 1º semestre letivo de 2007 Carga Horária: 90 horas

Horário: de 2ª, 4ª e 6ª feira, das 11:20 às 13:00h; Horário extra: 6ª feira, das 14:30 às 16:00h

PLANO DE CURSO**VERSÃO 9.0**

OBJETIVO GERAL: Tornar o(a) aluno(a) capaz de:

- descrever, através de Análise Vetorial e Cálculo, as propriedades dos campos elétrico e magnético;
- resolver problemas básicos envolvendo estes campos.

METODOLOGIA

A disciplina Física Elementar III (Física III) terá como referência a metodologia de ensino conhecida como Sistema Personalizado de Instrução (SPI) iniciada por Fred Keller [1], que visa prover atenção individualizada aos aluno/alunas, respeitando seu ritmo de aprendizagem e atendendo a suas dificuldades específicas. O estudo da disciplina será dividido em **12** passos. Os membros da equipe – professor e monitores – se dividem no atendimento de demandas variadas (resolução de dúvidas teóricas, indicação de material bibliográfico complementar, aplicação e correção de avaliações escritas, aulas expositivas,

controle de frequência, produção e administração do material didático). Em resumo, teremos quatro tipos de atividades:

1. Aulas expositivas semanais, abordando temas relacionados ao conteúdo teórico da disciplina, às quartas-feiras.

2. Estudo individual: Para cumprir os requisitos de cada passo o(a) aluno(a) utilizará o material de estudo correspondente e indicação da leitura complementar recomendada. O estudo desse material pode, e deve, ser feito também na sala de aula.

3. Resolução de dúvidas: No horário da disciplina o(a) aluno(a) terá à sua disposição os membros da equipe para discutir as dúvidas encontradas durante o estudo. Especificamente, as sextas-feiras serão utilizadas para solução de dúvidas trazidas pelo aluno, bem como exercícios.

4. Avaliação escrita: Ao ter em mãos o material didático relativo a cada um dos **12** passos do curso, o(a) aluno(a) deverá estudá-lo e discutir com qualquer membro da equipe até que as dúvidas sejam resolvidas. Quando cada aluno(a) se sentir preparado, solicitará da equipe uma avaliação escrita sobre o passo que acabou de estudar. O(a) aluno(a) só poderá realizar uma verificação escrita por semana. As avaliações escritas poderão ser feitas apenas às segundas-feiras, no horário de 11:20 às 13:00 h. Após realizar a prova escrita, o aluno terá acesso a sua prova corrigida no mesmo dia (a correção será feita no horário de 14:30 às 16:30), e saberá quais das suas respostas estavam corretas e quais estavam incorretas (e porque). Somente se responder satisfatoriamente a todas as questões é que o(a) aluno(a) receberá menção “V” (de passo Vencido) e conseqüentemente poderá realizar a avaliação correspondente ao próximo passo. Se não responder satisfatoriamente a todas as questões, mas acertar pelo menos 75%, o aluno poderá refazer questões no estilo das que foram erradas – no formato de continuação da avaliação iniciada na segunda-feira –, impreterivelmente na sexta-feira da mesma semana, no horário de 11:20 às 13:00 h. Se acertar menos de 75%, o aluno receberá a menção “NV” (de passo ainda Não Vencido) e deverá complementar estudos e se submeter a uma nova avaliação daquele conteúdo em que não demonstrou domínio. Em resumo, não haverá notas no decorrer da disciplina; cada atividade será avaliada como Vencida (V) ou Não Vencida (NV). O/A aluno/a deverá necessariamente demonstrar 100% de domínio sobre os assuntos

avaliados, e serão dadas novas oportunidades para que ele possa atingir o pleno domínio de cada tema. As correções têm um caráter pedagógico e devem servir como instrumentos de ensino. Para tanto, serão indicados os erros e acertos de cada sondagem e serão dadas sugestões de leitura para que as lacunas sejam preenchidas.

O(a) aluno(a) será aprovado(a) com os conceitos EXCELENTE, BOM e REGULAR, a partir da obtenção do conceito V, respectivamente, nos seguintes passos (vide lista a seguir):

- 4.1 (EXCELENTE)
- 3.3 (BOM)
- 3.1 (REGULAR)

O(a) aluno(a) receberá conceito INSUFICIENTE caso não tenha chegado a obter conceito V no item 3.1.

ETAPAS E PASSOS

ETAPA 1 (4 passos)

Passo 1.1: Ferramenta matemática: análise vetorial (Capítulo 1 de [2])

Passo 1.2: Campo eletrostático (Capítulo 2 de [2])

Passo 1.3: Campo magnetostático (Cap. 9.1, 9.2 de [2])

Passo 1.4: Forças e torques em campos magnéticos (Cap. 10 de [2])

ETAPA 2 (3 passos)

Passo 2.1: Ferramenta matemática: fluxo de um campo vetorial e teorema da divergência

- *Cap. 1.3.1 de [4]: ver item (b) Surface integrals; exemplo 1.7 e problema 1.29;*
- *Cap. 1-2 de [3]: ver texto explicativo e exemplo 1;*
- *Cap. 1.2.4 de [4] (definição de divergência);*
- *Cap. 1.3.4 de [4] (teorema da divergência);*
- *Passo 2.2: Fluxo do campo eletrostático e Lei de Gauss (Cap. 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3 de [4]).*
- *Passo 2.3: Fluxo do campo magnetostático (Cap. 9.6 de [2]).*

ETAPA 3 (3 passos)

Passo 3.1: Ferramenta matemática: integral de linha de um campo vetorial e teorema da Stokes.

Passo 3.2: Energia e potencial eletrostático (Cap. 5 de [2]).

Passo 3.3: Lei de Ampère e potencial vetor magnético (Cap. 9.3, 9.5, 9.7 de [2]).

ETAPA 4 (2 passos)

Passo 4.1: Corrente de deslocamento e lei de Faraday (Cap. 12 de [2]).

Passo 4.2: Conjunto das Equações de Maxwell e equação da onda eletromagnética .

CALENDÁRIO

Serão 16 segundas-feiras disponíveis para avaliações:

26/03, 02/04, 09/04, 16/04, 23/04, 30/04, 07/05, 14/05, 21/05, 28/05, 04/06, 11/06, 18/06, 25/06, 02/07, 09/07.

Comentários finais

Em alguns passos, as referências para estudo ainda estão sendo definidas. Em breve, nova versão do presente documento trará essas informações.

Agradecimentos

O presente plano de curso tomou como base o plano da disciplina Fundamentos da Psicologia Experimental – ministrada no 2º semestre letivo de 2006 –, gentilmente cedido pelo professor Romariz Barros (Departamento de Psicologia Experimental – UFPA). Os professores e monitores agradecem também ao professor Romariz e ao professor Thiago Costa (Departamento de Psicologia Experimental – UFPA) pelas valiosas discussões.

REFERÊNCIAS

- [1] F.S. Keller, “Good-bye, teacher...”, Journal of Applied Behavior Analysis, 1, 79-89 (1968). Reproduzido em Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva, Vol.1, nº 1, 9-21 (1999).
- [2] J.A. Edminister, “Eletromagnetismo”, McGraw-Hill, (1980).
- [3] A. Shadowitz, “The Electromagnetic Theory”, Dover (1975).
- [4] D. Griffiths, “Introduction to Electrodynamics”, 3ª Ed., Prentice Hall (1999).