

Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Física Gleb Wataghin

Título do projeto:

**Inserção do ensino de Física moderna por meio de recursos computacionais -
SPRACE e PETH Colorado**

Bruno Arena Barros e-mail: b090532@dac.unicamp.br
Orientando

Maurício Urban Kleinke e-mail: kleinke@ifi.unicamp.br
Orientador

José Joaquim Lunazzi e-mail: lunazzi@ifi.unicamp.br
Coordenador

MOTIVAÇÃO

Em 1996 foi aprovada a LDB 9.394/96 estabelecendo que a educação escolar deve ser universal, vinculada ao trabalho e à prática social. A tradução das novas normas em práticas educacionais foram estabelecidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, de 1998. O ensino passou a ser voltado ao desenvolvimento de competências e habilidades, a fim de que a população brasileira, após o ensino médio, possa fazer frente aos desafios impostos pelo mundo globalizado.

No tocante ao ensino das disciplinas científicas, diante de tal reforma, o Brasil adotou os moldes dos países desenvolvidos, cujos programas de ensino são fundamentados na problemática “Ciência Tecnologia e Sociedade”; que no Brasil tornou-se a área das “Ciências da Natureza e suas tecnologias”, que abrange as disciplinas de Física, Química e Biologia.

A tradução das novas normas em práticas educacionais para cada disciplina foram estabelecidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM), de 1998. Segundo o PCN+, documento oficial que complementa o PCNEM, a disciplina de Física ganhou um novo significado:

“A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem.” PCN+

Tal parágrafo, expresso por Luis Carlos de Menezes, que coordenou a elaboração da disciplina de Física no PCN+, é uma chamado para romper com a física escolar tradicional, que ele mesmo ao escrever o PCNEM em 1998, criticou:

“O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas.”

Dentro dessa “nova Física” surgem novas problemáticas: Como realizar tal mudança no método de ensino, se a estrutura escolar permanece quase que inalterada? É possível “abrir mão” de conteúdos clássicos da Física para inserir a Física Moderna? Afinal, é possível inserir a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto em questão será realizado na área de Ensino de Física com os estudantes da Escola Aníbal de Freitas. O projeto busca a inserção do Ensino de Física Moderna nas turmas do 9º ano, 1º, 2º e 3º colegiais, mas também serão realizadas atividades que complementem o currículo escolar. Para isso, a fim de inserir o ensino de física moderna, iremos utilizar recursos computacionais, pela fato do computador ser uma ferramenta muito utilizada no cotidiano dos estudantes; cogita-se também de utilizarmos alguns aplicativos para celular. De igual modo, pretendemos utilizar tais recursos para oferecer aulas que complementem a grade curricular da escola. No entanto, o foco desta pesquisa será o ensino de física moderna.

Tais atividades serão desenvolvida em dois turnos: No turno da manhã, acompanharemos a rotina escolar, ajudando a professora de física a esclarecer as dúvidas dos alunos, bem como elaborando novas atividades que utilizem recursos computacionais. No período da tarde, as atividades foram divididas conforme o cronograma abaixo:

1. Horário de entrada dos monitores do PIBID na escola: 13h00;
2. Reunião dos monitores junto à Profa. Dra. Laura, para ajuste das atividades a serem realizadas: 13h05- 13h25;
3. Monitoria de dúvidas do conteúdo escolar: 13h30-14h00;
4. Atividades do PIBID: 14h05-16h00;
5. Reunião: 16h10 – 16h40;

A monitoria será realizada em grupos, divididos segundo o nível escolar; assim a turma ficará dividida em quatro grupos: 9º ano, 1º, 2º e 3º colegiais. Durante a monitoria serão trabalhados a resolução de problemas que permitam os alunos estabelecerem correlações da física estudada em sala com situações-problema do cotidiano. A princípio pretendemos utilizar o SPRACE GAME (<http://www.sprace.org.br/sprace-game/sprace-game-pt>) para introduzirmos a física de partículas e também o PETH (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new) para realizar simulações computacionais.

Além dessas atividades pretendemos realizar atividades extra-classe com os estudantes, trazendo-os à UNICAMP para conhecerem alguns laboratórios do IFGW, o Museu de Ciências, exposição de holografias etc.

SOBRE A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO MÉDIO

Paralelamente à atividade central do PIBID – O ensino de Física Moderna por meio de recursos computacionais – pretende-se também desenvolver atividades sobre a resolução de problemas; uma das competências de “investigação e compreensão” requerida pela reforma do Ensino de Física. A Figura 1 mostra o conjunto de competências.

Investigação e compreensão
Estratégias para enfrentamento de situações-problema Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.
Interações, relações e funções; invariantes e transformações Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.
Medidas, quantificações, grandezas e escalas Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.
Modelos explicativos e representativos Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.
Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Figura 1: Conjunto de competências de investigação e compreensão a serem desenvolvidas por meio da resolução de problemas. Fonte: CPN+

Para desenvolver tal atividade com os estudantes foi recomendada a leitura do texto “Sobre a resolução de problemas no ensino de Física” de Luiz O. Q. Peduzzi. Abaixo está o fichamento do texto.

Fichamento

O fim de uma atividade de resolução de problemas de Física no ensino médio não deve ser entendido como algo que necessita uma resolução imediata pelo

estudante, pois, da própria definição, sabe-se que resolver problemas é exatamente o oposto a essa visão. Resolver problemas envolve uma reflexão sobre qual sequência de passos executar a fim de solucioná-lo, pois o estudante está diante de uma situação que ele desconhece; isto não é algo imediato ou automático. No entanto, esta não é a visão das resoluções de problemas dentro de sala. Nas palavras do autor,

“(...)o que se verifica é que o professor, ao exemplificar a resolução de problemas, promove uma resolução linear, explicando a situação em questão como algo cuja solução se conhece e que não gera dúvidas nem exige tentativas.”

Assim, quando o estudante se depara com uma situação problema e não consegue desenvolver exatamente a mesma linha de raciocínio que lhe foi exposta, o professor entende que o estudante não compreendeu os conceitos que devem ser empregados na resolução do problema, e, que não possui conhecimentos matemáticos suficientes para tal. Mas, segundo Echeverría e Pozo, resolver problemas é exatamente o oposto; é ter a disposição um conjunto de estratégias gerais, que, por meio delas, será possível aplicá-las, em partes, na resolução de qualquer tipo de problema. Concomitantemente a este processo de aprender a resolver problemas existem algumas variáveis que não estão relacionadas ao conhecimento em si, são elas: A intuição, a criatividade, a perspicácia, ansiedades, frustrações etc. que são variáveis inerentes a cada tipo de pessoa e que interferem muito na resolução de problemas. Diante disso autor traça uma estratégia que permite os estudantes terem um maior controle destas variáveis a fim de chegarem a resolução de problemas (os itens não estão listados segundo suas hierarquias na solução do problema).

1. Ler o enunciado do problema com atenção, buscando a sua compreensão;
2. Representar a situação-problema por desenhos, gráficos ou diagramas para melhor visualizá-la;
3. Listar os dados (expressando as grandezas envolvidas em notação simbólica);
4. Listar a(s) grandeza(s) incógnita(s) (expressando-a(s) em notação simbólica);
5. Verificar se as unidades das grandezas envolvidas fazem parte de um mesmo sistema de unidades; em caso negativo, estar atento para as transformações necessárias;
6. Analisar qualitativamente a situação problema, elaborando as hipóteses necessárias;
7. Quantificar a situação-problema, escrevendo uma equação de definição, lei ou princípio em que esteja envolvida a grandeza incógnita e que seja adequada ao problema;
8. Situar e orientar o sistema de referência de forma a facilitar a resolução do problema;
9. Desenvolver o problema literalmente, fazendo as substituições numéricas apenas ao seu final ou ao final de cada etapa;
10. Analisar criticamente o resultado encontrado;

11. Registrar, por escrito, as partes ou pontos chave no processo de resolução do problema;

12. Considerar o problema como ponto de partida para o estudo de novas situações-problema.

Os itens de 1 a 5 ajudam o estudante a dar a interpretação correta ao problema e, conseqüentemente, incentivando-o a prosseguir com a solução. Já o item 6 permite ao solucionador elaborar as hipóteses, aproximações e etc. seguido do item 7 tem-se as condições necessárias para aplicar as equações corretas ao problema. Esse desenvolvimento se aproxima dos conceitos da moderna filosofia da ciência. Sobre isto o autor afirma,

“Isto é, em um ensino que deve destacar o papel central da hipótese e do conjunto de pressupostos teóricos do cientista na proposição, delineamento, articulação e seleção de teoria.”

O item 8 permite ao estudante entender se as grandezas que envolvem o problema são escalares ou vetoriais ou ambas. O item 9 condiciona o estudante a não se preocupar em utilizar os números antes que todo o modelo matemático seja feito. A física é coerente com a realidade, assim, o item 10 proporciona ao estudante refletir sobre este aspecto da física e do problema. O item 11 desenvolve no estudante a capacidade de explicar o procedimento que foi adotado. Como cada problema pode servir de base para a compreensão de outros, o item 12 permite que o estudante reflita sobre tal perspectiva preparando-o para outra situação-problema.

Diante dessa análise, nas palavras do autor, temos:

“Todo este conjunto integrado de ações contribui, enfim, para que o estudante proceda à resolução significativa de um problema, incorporando a solução à sua estrutura cognitiva. Com isso, afasta-se o fantasma da solução mecânica, que tão incansavelmente acompanha a resolução de problemas de muitos estudantes.”

RELATÓRIO DAS PRIMEIRAS ATIVIDADES, 02/04/2014

Nesta Quarta-feira iniciaram as atividades do PIBID 2014, sob orientação do Profº Dr. Maurício U. Kleinke e da Profº Dra. Laura Freitas. Estavam presentes: Bruno Arena Barros, Lucas Galdino, Aline Chinalia, Felipe Borges, Alex Rafael bem como os orientadores.

Recebemos por volta de 40 estudantes dentre o 9º ano ao 3º colegial. A fim de promover uma integração entre os estudantes que não se conhecem, realizamos uma dinâmica na qual cada um teve uma caricatura feita pelos demais estudantes. Para isso, distribuimos uma folha sulfite em branco para cada estudante, que escreveram o nome na parte inferior da folha. Em seguida misturamos todas as folhas no meio da sala e pedimos para que eles retirassem uma folha cada; ou seja, cada um agora estava com a folha sulfite de outra pessoa. Pedimos que começassem desenhar a caricatura pelos olhos; feito isto eles trocavam de folha com a pessoa que estava do lado. Em seguida desenharam o nariz e trocaram a de folha. Assim continuou, a boca, orelhas, o contorno do rosto e por fim o cabelo – sempre trocando a folha com a pessoa do lado, mantendo um único sentido durante a troca.

Na parte final da dinâmica recolhemos todas as folhas com os desenhos e chamamos um por um para receber sua caricatura. Com a caricatura em mãos, eles mostraram-na para os demais estudantes e se apresentaram, dizendo o nome, série e porquê se inscreveram para participar do PIBID. O momento da apresentação foi divertida e descontraída, no entanto, houve algumas manifestações de bullying e assédio sexual. Ao explicarem a razão de estarem no PIBD, ouvimos muitas frases do tipo: “estou no PIBID porque meus amigos se inscreveram”, “ouvi falar sobre o PIBID e fiquei curioso em conhecer”, “eu quero passar no vestibular”. Houve aqueles que disseram apreciar a disciplina de Física e se inscreveram para conhecer mais sobre tal campo da ciência.

A atividade prosseguiu com a explicação para utilização do Google Maps. Este software será utilizado para ensinarmos sobre distância, referencial (plano cartesiano), deslocamento vetorial e escala. A seguir estão os slides utilizados nas explicações.



O que é o Google Maps?

Serviço de mapas desenvolvido pela Google™, que usa tecnologia via satélite para localização através de informações como :

- Endereço
- Nome do estabelecimento comercial
- Lugares próximos de...

By Aline Chinalia - PIBID 2014

Métodos de Localização

- Tela inicial:



Street View



Figura 2: Slides utilizados na aula para explicar o funcionamento do Google Maps e seus recursos.

A próxima etapa foi dividir o grupo de 40 estudantes em quatro grupos de 10 estudantes, em média, de modo que cada grupo fosse formado por estudantes de todas as turmas. A seguir, cada grupo se reuniu para definir um nome para o grupo e um logotipo. Essa tarefa foi essencial para que os estudantes criassem uma identidade com o grupo. Os nomes definidos para os grupos foram: “*Só sei que nada sei*”, “*A culpa é da física*”, “*DR905*” (A sigla DR significa Destruidores Radioativos) e “*Riders da física*”. Enquanto dois grupos estavam ocupados com tal atividade, os outros dois se dirigiram ao laboratório de informática para se familiarizarem com o Google Maps e suas aplicações. Por fim, os grupos trocaram de atividades.

PLANO DE AULA PARA 16/04/2014

TEMA DA AULA: PIRATAS DO ASFALTO

OBJETIVO: A PARTIR DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL QUE ELES POSSUEM, INTRODUZIR O CONCEITO DE REFERENCIAL (PLANO CARTESIANO) E ESCALA POR MEIO DE UM JOGO

MATERIAIS E ESPAÇO NECESSÁRIOS PARA A ATIVIDADE: QUADRA POLIESPORTIVA, GIZ PARA DEMARCAR AS POSIÇÕES E MAPAS DA VIZINHANÇA (GOOGLE MAPS)

METODOLOGIA

1- Conduzir os estudantes ao centro da quadra e pedir para eles apontarem as direções em que os estabelecimentos se encontram. Os estabelecimentos são:

- (a) E. E. Profº Anibal de Freitas;
- (b) Burguer King;
- (c) Bosque dos Alemães;
- (d) Habibs;
- (e) Colégio Imaculada;
- (f) Posto de gasolina Shell;

2 – Pedir para cada grupo, dentro dos limites da quadra, estimar as proporções das distâncias de cada estabelecimento em relação à origem e depois demarcarem a posição com o giz, além de estimarem a distância real para cada estabelecimento que foi demarcado. Eles podem utilizar outras referências para encontrarem os estabelecimentos, por exemplo, como um pirata que escondeu seu tesouro próxima de uma árvore.

3– Pedir para eles calcularem a escala que cada grupo criou a demarcar os pontos na quadra;

4 – De volta a sala, entregar para cada grupo o mapa do entorno, impresso em folha A4, a fim de que eles façam o mesmo que o item 2, mas agora marcando os estabelecimentos no mapa;

5 - Os grupo deve estimar as distâncias reais de cada estabelecimento por meio da escala do mapa;

6 – Cada grupo deve comparar as posições e as distâncias estimadas no mapa com um gabarito, que será feito pelos monitores de grupo junto aos estudantes;

7 - Retornar a quadra e comparar as distâncias e posições demarcadas com o gabarito;

8 – Comparar as distâncias estimadas, em ambos os casos, entre os grupos. O grupo que mais se aproximar da distância real ganha o jogo;

RELATÓRIO DE ATIVIDADES, 16/04/2014

Após a monitoria, os estudantes se dirigiram à sala de vídeo onde receberam as instruções sobre a atividade a ser realizada. Na quadra, cada grupo ocupou um quadrante que correspondia ao espaço disponível para desenhar os locais e suas respectivas distâncias em relação à escola. Alguns grupos fizeram um esboço numa folha antes de desenharem na quadra a fim estabelecerem um parâmetro entre as proporções.

Cada grupo estabeleceu estratégias diferentes: alguns se preocuparam em distribuir os locais de forma a ocupar o máximo possível do quadrante, outros ocuparam apenas uma área de aproximadamente 4m^2 , enquanto outro grupo representou as ruas, praças e outros pontos de referência a fim de encontrarem a melhor posição dos estabelecimentos pedidos. A cada local representado era estabelecida a possível distância real entre o local em questão e a escola.

Durante essa etapa o grupo *Riders da física* começou a notar que alguns pontos estavam fora de escala. Por exemplo, ao compararem a distância medida em passos entre dois estabelecimentos diferentes, notaram que essas distâncias eram próximas, mas as distâncias reais, não. A partir dessas observações eles refizeram alguns pontos de modo a manter a escala o mais coerente possível.

Esse foi um momento muito interessante, pois tornou-se notório aqueles que realmente estavam participando de forma consciente da atividade. No entanto, houve também aqueles que pouco participaram, preferindo se envolver em conversas que não estavam relacionadas com a atividade.

Infelizmente nesse dia dois monitores faltaram e este fator somado com a dispersão dos estudantes durante a atividade acarretou na falta de coordenação dos monitores para efetuar o plano de aula no tempo programado. Conseguimos cumprir apenas o primeiro item do plano de aula. Deixando o término do plano de aula para a aula seguinte, dia 23/04/2014.

No dia em questão, após a monitoria os estudantes se reuniram na sala de vídeo para darem continuidade àquelas atividades. Utilizando o Google Maps nós imprimimos e distribuimos para cada grupo um mapa das adjacências da escola, a fim de que eles realizassem o item 3 do plano de aula. Identificados os pontos no mapa, os estudantes começaram a calcular as distâncias dos estabelecimentos pela escala do mapa (item 4 do plano de atividades). As figuras a seguir mostram os mapas digitalizados de cada equipe, bem como o gabarito feito pelos monitores.

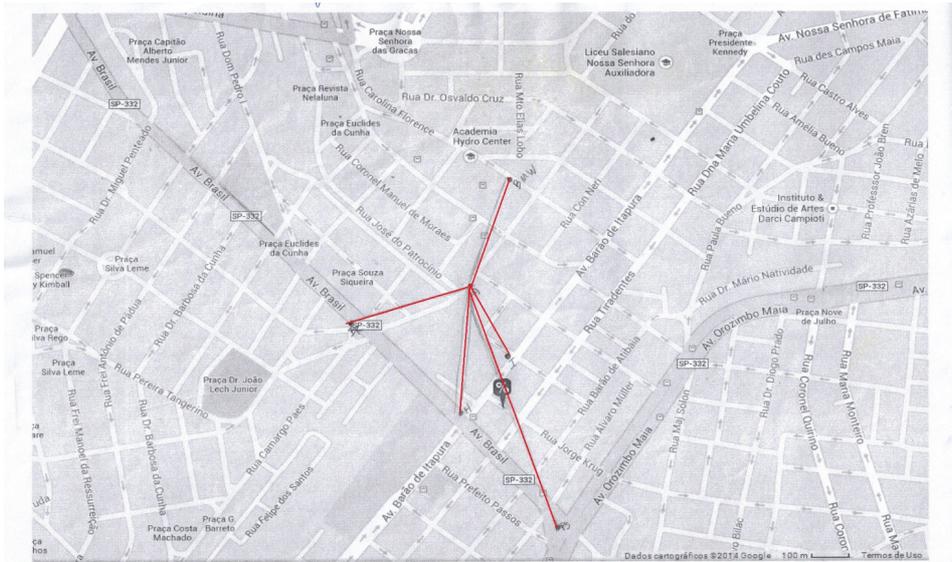


Fig.1: Mapa da equipe *A culpa é da física*

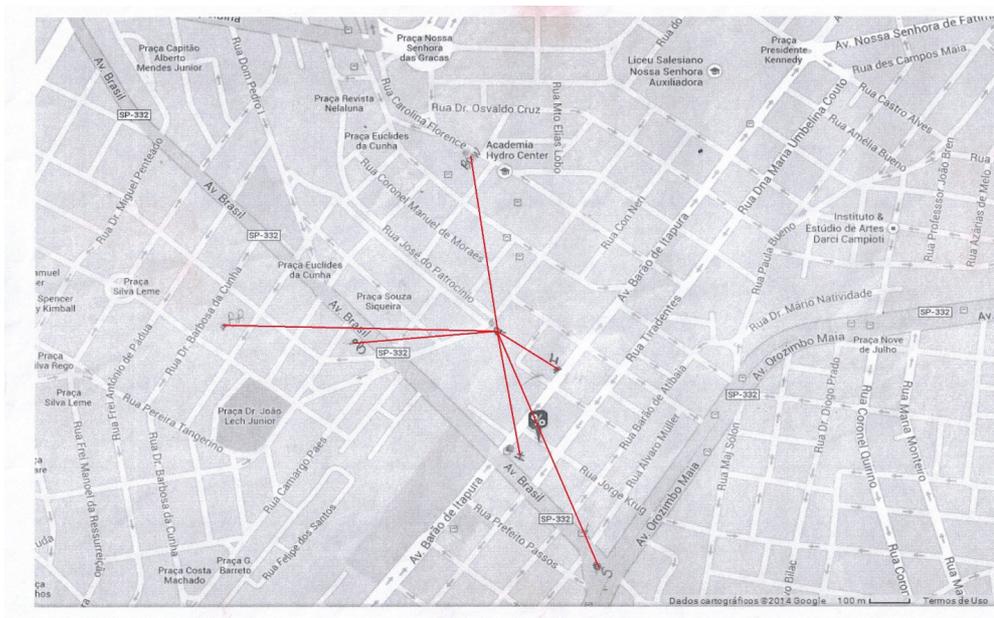


Fig.2: Mapa da equipe *DR905*

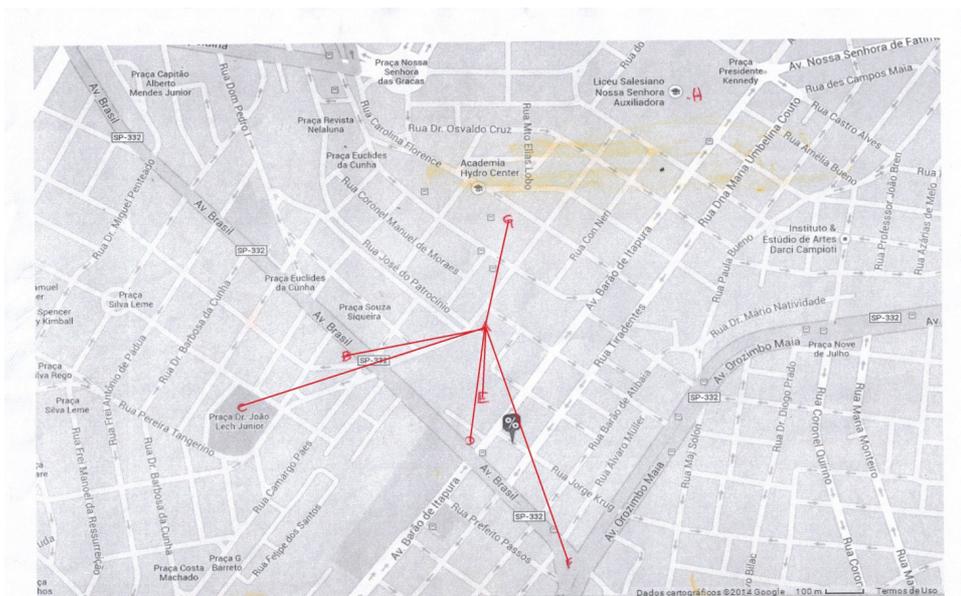


Fig. 5: Gabarito cujos pontos A, B, C, D, E, F e G representam respectivamente, Colégio Anibal de Freitas, Burguer King, Bosque dos Alemães, Habibis, Colégio Imaculada, BMW motor e Posto Shell.

Após cada grupo realizar os cálculos, os valores das distâncias foram colocadas em uma tabela para serem comparadas com as distâncias calculadas utilizando o gabarito. A tabela 1 abaixo mostra os resultados obtidos por cada equipe.

Tabela 1: Resultados obtidos por cada grupo

	A Culpa é da Física	DR905	Só sei que nada sei	Riders da Física	Gabarito
Aníbal-Bosque	1025 m	760 m	1000 m	650 m	690,0 m
Aníbal-Posto Shell	650 m	750 m	800 m	650 m	700,0 m
Aníbal-BMW	300 m	500 m	200 m	300 m	309,0 m
Aníbal-Burguer K.	300 m	250 m	400 m	400 m	390,9 m
Aníbal-Habibis	325 m	350 m	400 m	300 m	318,2 m
Aníbal-Col. Imac.	100 m	230 m	200 m	200 m	200,0 m

Assim, comparando com o gabarito, tem-se que o grupo *Riders da Física* foi o que mais se aproximou da distância Anibal-Bosque do gabarito. Para este ponto em questão nota-se que nenhum grupo conseguiu identificá-lo no mapa; eles não entenderam que a região mais escura no mapa corresponde a uma área verde na região urbana.

Para a segunda distância (Aníbal-Posto Shell) houve um empate entre os os grupos *A culpa é da Física*, *DR905* e *Riders da Física* com 50 m pra mais ou pra menos.

Para a distância Anibal-BMW também houve um empate entre os grupos *A culpa é da Física* e *Riders da Física*, com 300 m cada. Para a distância Anibal-

Burguer King empataram os grupos *Riders da Física* e *Só sei que nada sei*. O grupo a culpa é da Física foi o que mais se aproximou do gabarito para a distância Anibal-Habibis. Por fim, para a distância Anibal-Coleg. Imaculada, os grupos *Riders da Física* e *Só sei que nada sei* empataram novamente. Assim, o grupo *Riders da Física* foi o que mais se aproximou do gabarito em cinco distâncias; os grupos *Só sei que nada sei*, *DR905* e *A culpa é da Física* se aproximaram em duas distâncias.

Nessa atividade notou-se que todos os grupos não deram importância para a parte decimal ao calcular as distâncias; possivelmente isso reflete a cultura escolar algébrica deles, visto que a maioria dos exercícios tratados em sala utilizam números inteiros. Outro ponto que nos chamou a atenção foi o modo como cada grupo forneceu os resultados. Sabendo que seriam comparados a localização do pontos e as respectivas distâncias destes em relação ao colégio, dois grupos escreveram-nas diretamente no mapa, facilitando a leitura das informações; enquanto outros dois indicaram no mapa apenas os lugares e entregaram em outra folha as distâncias, sendo que um dos grupos entregou apenas as contas sem indicar a quais distâncias se referiam. Isto causou muita dificuldade em nós monitores no momento de comparar tais medidas com o gabarito.

Devido ao atraso que ocorrera na aula anterior, os mapas que foram feitos na quadra, e, a respectiva escala criada pelos estudantes, não puderam ser utilizados. Portanto o item 8 do plano de atividades não foi realizado.

Com a atividade em questão buscou-se analisar a orientação espacial dos estudantes – habilidade que será importante quando eles jogarem o SPRACE. Essa mesma atividade também adquiriu um outro olhar durante sua execução: no momento em que os grupos entregaram os mapas e outras folhas contendo as distâncias para serem comparadas, todos os estudantes perceberam como a falta de clareza e organização prejudicou o andamento das atividades. Diante dessa situação nós, os monitores, aproveitamos para reforçar que quando trata-se de transmitir informações por meio da linguagem visual é necessário clareza e objetividade.

Segundo o cronograma, resta ser aplicada as atividades em ensino de Física Moderna, que já foram planejadas e começarão a ser executadas a partir do dia 13/05/2014.

Meu orientador concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

O relatório descreve as atividades que estão sendo realizadas em sala de aula, no ambiente escolar. Dependemos de algumas condições de informática e de infraestrutura dentro da escola, que nem sempre estão tão disponíveis e operacionais como desejaríamos.

A princípio, ainda estamos dentro de nosso cronograma inicial, devendo iniciar as medidas com o SPRACE nas próximas semanas.

Cabe aqui ressaltar que as atividades propostas para localização espacial e transformação do espaço em um modelo de quatro quadrantes, por si só, é uma ótima sugestão de sequência didática, podendo ser trabalhada e apropriada nessa direção.

O projeto está sendo desenvolvido na medida das limitações externas.

Horário escolhido para o dia do evento:

2a dia 10 de junho das 15-17 h

REFERÊNCIAS

- [1] Peduzzi. Luiz O.Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da física.
- [2] Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, MEC SEMTEC, Brasil, 2002.
- [3] Terrazzan. *E. A.* A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau
- [4] KARAN, R. A. ; PIETROCOLA, Maurício . HABILIDADES TÉCNICAS VERSUS HABILIDADES ESTRUTURANTES: RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E O PAPEL DA MATEMÁTICA COMO ESTRUTURANTE DO PENSAMENTO FÍSICO. Alexandria (UFSC), v. 2, p. 181-205, 2009.
- [5] BROCKINGTON, G. ; PIETROCOLA, Maurício . SERÃO AS REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA APLICÁVEIS AOS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA?. Investigações em Ensino de Ciências (Online), UFRGS - Porto Alegre - RS, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.
- [6] - Krasilchikr, M. Reformas e Realidade: o caso do ensino das ciências, 2000.