

# GeoplanoPEC: Um Jogo Inteligente Para o Ensino de Geometria Plana

Diego Balbino Santos de Moraes, Marcela Balbino Santos de Moraes,  
Liliane dos Santos Machado\*, Rogéria Gaudêncio do Rego,  
Ronei Marcos de Moraes\*\*, Ulisses Umbelino dos Anjos\*\*

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB – Brasil



Figura 1: Tela de abertura do GeoPlanoPEC com as opções de jogo entre dois usuários e contra o computador.

## Resumo

Os jogos têm por característica instigar seus usuários através de desafios e cenários, proporcionando entretenimento e estimulando a imaginação. É inegável o avanço que os jogos educacionais computadorizados obtiveram nos últimos anos, fato importante alcançado pelo crescente contato dos alunos com os computadores e a desmistificação por parte dos professores de que o computador provocaria a desatenção dos alunos ao invés de auxiliá-los no aprendizado. Sendo assim, pode-se concluir que os jogos por computador terão grande influência na educação e formação das pessoas. Este artigo apresenta as características e dificuldades na produção de jogos educacionais, bem como relata o processo de concepção do GeoplanoPEC, jogo inteligente destinado ao ensino de geometria plana.

**Palavras chave:** jogos educacionais por computador, ensino de matemática, geoplano, redes bayesianas, inteligência artificial.

### Contato:

\*liliane@di.ufpb.br

\*\*{ronei,ulisses}@de.ufpb.br

## 1. Introdução

Com o desenvolvimento tecnológico aliado a abertura das escolas para as novas práticas de ensino, os jogos educacionais computadorizados surgem como uma forma de auxiliar alunos e professores no processo de ensino-aprendizado. Um dos objetivos

dos jogos educacionais é prover meios para produção e construção do conhecimento pelo aluno [Aranha, 2006]. Assim, esta categoria de jogo caracteriza-se como ferramenta importante nas formas de ensino atual, proporcionando aos alunos e professores maior interação e integração, além de comprovadamente estimularem a imaginação e compreensão de certas dinâmicas sociais [Aranha, 2006].

Segundo pesquisa encomendada pelo governo britânico e realizada pelo *Economic and Social Research Council* (Conselho de Pesquisas Sociais e Econômicas – ESRC) constatou-se que os jogos computacionais vêm dando aos jovens britânicos um poder de concentração e coordenação semelhantes a atletas de alto nível [Moura, 2002], o que comprova que se o computador for utilizado de maneira adequada e sem excessos pode ser de grande auxílio também na educação. Seguindo essa linha de pensamento, foi concebido o jogo GeoplanoPEC (GPC), onde o embasamento educacional é determinado pelo aprendizado construtivista. Neste jogo, alunos de quinta série desenvolvem e sedimentam seus conhecimentos acerca de conceitos de geometria plana a partir de suas próprias experimentações. O GPC é constituído de duas versões: Aluno X Aluno e Aluno X PC, sendo a versão contra o PC dotada de um módulo de inteligência, que utiliza-se de cálculos de probabilidades com redes *bayesianas* para produção das jogadas do PC, proporcionando o aumento do desafio imposto pelo jogo. A presença do módulo de inteligência caracteriza-se como um diferencial do jogo, sobressaindo-se com relação a outros geoplanos computacionais e jogos educacionais em geral, já que

tais jogos não utilizam Inteligência Artificial.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: após a introdução é apresentada a seção de motivação, seguida da seção que identifica as dificuldades em se desenvolver jogos educacionais. Em seguida é apresentada a composição do GPC e as seções de conclusão e referências.

## 2. Motivação

Segundo Perry (2007) o aumento no desenvolvimento de jogos educacionais já é significativo, porém tais jogos ainda são pouco difundidos. Além disso, ele afirma que uma parte considerável destes jogos não apresenta um objetivo fundamentalmente educacional, apesar de serem caracterizados como educacionais. Sendo assim, a proposta de desenvolvimento do GPC, tem como ponto chave aliar o entretenimento, propiciado pelo dinamismo que a inteligência dará ao jogo, com um embasamento educacional bem definido. Outra característica relevante para motivar-nos no desenvolvimento desse projeto foi o fator de grande parte dos jogos já existentes serem apenas para sistema operacional *Windows*, sendo muito deles pagos. O GeoplanoPEC, ao contrário desses, foi concebido para ser de uso livre e multiplataforma, permitindo seu uso em plataformas abertas e em computadores populares, bastante presentes nas escolas públicas do país através de recentes projetos educacionais.

Além dos fatores apresentados, a motivação para constituição do GPC deveu-se também ao caráter que os jogos têm de envolver os usuários. O fato de jogar por si só constitui uma atividade educativa [Bittencourt e Giraffa, 2003], além de oferecer como ponto favorável o fato de não desenvolver apenas conteúdos específicos, mas também habilidades que enriquecerão a formação geral do aluno, auxiliando-o a [Tarouco et al., 2004]:

- Ampliar sua linguagem e promover a comunicação de idéias;
- Adquirir estratégias de resolução de problemas e de planejamento de ações;
- Desenvolver sua capacidade de realizar estimativa e cálculos mentais;
- Iniciar-se nos métodos de investigação científica;
- Estimular sua concentração, raciocínio, perseverança e criatividade;
- Promover a troca de idéias através de trabalhos em grupo;
- Estimular a compreensão de regras, percepção espacial, discriminação visual e fixação de conceitos.

Sendo assim, a criação do GPC visou unir os dois pontos principais no desenvolvimento de jogos educacionais: o entretenimento aliado ao caráter conceitual.

## 3. Dificuldades no Desenvolvimento de Jogos Educacionais

A grande dificuldade na construção de jogos educacionais está na necessidade de aliar desafio e entretenimento, que proporcionará a diversão e o interesse do aluno em utilizar o jogo ao aprendizado, objetivo fundamental dos jogos educacionais. Segundo Perry (2007) a produção de jogos educacionais, via de regra, vem precedida por um conjunto de intenções pedagógicas, que nem sempre são compatíveis com os recursos tecnológicos e humanos disponíveis: existe uma lacuna representada pelas atividades de design – entre as intenções e os efeitos reais do jogo.

Os jogos educacionais devem ainda constituir-se como um ambiente de recriação conceitual e não apenas de reprodução mecânica do conceito. Segundo Moura (2002) isso só é possível com o acompanhamento dos professores, cujo objetivo com o jogo é desenvolver seu papel pedagógico, acompanhando os alunos ao jogar identificando quais procedimentos são utilizados a cada jogada, bem como os questionando sobre suas decisões de jogada.

Segundo Grandó (2000) o jogo é improdutivo caso não haja uma interação pedagógica adequada. Porém isso não é suficiente para que jogos educacionais possibilitem o aprendizado, inicialmente os alunos devem sentir-se atraídos pelo jogo, para isso na concepção deve-se buscar por princípios que estimulem o desafio, além deste deve-se utilizar recursos audiovisuais como um atrativo adicional. Sendo assim, fica claro que a produção de um jogo educacional de sucesso é influenciada por vários fatores que unidos originarão uma ferramenta importante para o auxílio ensino-aprendizado. Com esta visão surgiu o projeto de constituição do GPC, que tem por objetivo ensinar geometria plana para alunos de quinta-série de maneira desafiadora e construtivista.

## 4. O Jogo Geoplano

O jogo Geoplano foi originalmente desenvolvido por Caleb Gattegno em 1961 (Figura 2) como recurso didático destinado à construção de conceitos da geometria plana e ensino de frações, dentre outros [Gattegno, 1974]. Seu uso possibilita o desenvolvimento do aluno por meio de atividades abertas, voltadas para:

- O trabalho com a lateralidade;
- A identificação e reprodução de figuras geométricas;
- A identificação e diferenciação de unidades de medida;
- A compreensão das idéias de semelhança e congruência;
- A identificação e comparação de propriedades de figuras;

- A produção de figuras semelhantes a outras dadas;
- A medição e comparação de áreas e perímetros para a compreensão das diferenças entre tais conceitos;
- O trabalho com uma forma para o cálculo da área de um polígono, diferente da tradicionalmente trabalhada em sala-de-aula pelo Teorema de Pick e o desenvolvimento do conceito de ângulo, entre outras.

Com relação ao cálculo de áreas, temos:  $A = I + L/2 - 1$ . Neste caso,  $I$  refere-se ao número de pinos internos ao plano e  $L$  aos pinos laterais que possui.

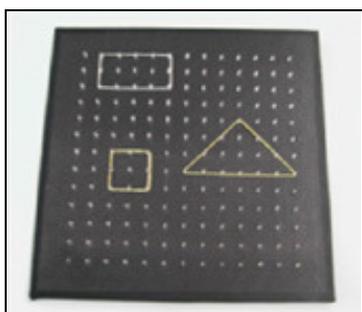


Figura 2: Tabuleiro em madeira do jogo Geoplano.

## 5. O GeoplanoPEC

Para a concepção do jogo, estabeleceu-se o seu contexto de aplicação. O jogo deveria oferecer aos professores de 4ª e 5ª série do ensino fundamental uma nova opção de trabalho com os alunos, possibilitando a expansão dos recursos educacionais já utilizadas em sala-de-aula. Da mesma forma, o jogo deveria também servir como ferramenta de apoio fora do ambiente escolar, permitindo aos alunos realizarem atividades lúdicas ligadas ao conteúdo visto em sala-de-aula. Por esta razão, o jogo não deveria ensinar o assunto Geometria Plana e sim permitir trabalhar seus conceitos.

Na primeira etapa de construção do jogo foram realizados estudos acerca de geometria plana, onde o embasamento educacional teve o acompanhamento de estudiosos da matemática. Com isso foi possível estabelecer quais conceitos estariam de acordo com o conteúdo abordado por professores das séries previstas. Além disso, procurou-se verificar que potenciais os jogos educacionais já existentes buscavam passar a seus usuários [Kruger e Cruz, 2001].

Em Tarouco et al. (2004) são explicitadas análises de alguns jogos, cujos resultados permitiram extrair pontos favoráveis utilizados na constituição do GPC. Um deles é o jogo educacional *Betsy goes to preschool*, onde são abordados diversos conteúdos, incluindo atividades com letras, números, figuras, quebra-cabeças, entre outras. Este jogo tem como principal objetivo fixação e memorização de

conteúdos em diversas áreas. Porém, após a escolha de uma das atividades, o usuário não pode migrar de tema. Além deste jogo, é analisado também o jogo *Supermercado*, um ambiente virtual no qual usuários vivenciam situações de compra e venda. O *Supermercado* propicia o aprendizado das quatro operações básicas da matemática, números inteiros, números decimais, frações e proporcionalidades, entre outros. Por ser caracterizado como um jogo aberto, no sentido de que permite múltiplas atividades simultaneamente, propicia aos usuários o entretenimento à medida que instrui, caracterizando-o como um jogo educacional.

Além da preocupação com a análise de alguns jogos, os estudos realizados na concepção do GPC tiveram como outra preocupação identificar o que tornava os jogos atrativos. O que foi constatado com a exploração de diversos artigos referentes ao tema, é que o desafio caracteriza-se como atrativo fundamental para tais jogos. Segundo Clua e Bittencourt (2004), de fato, o principal componente para que um jogo seja atrativo é colocar o usuário perante um desafio. Quanto maior for este desafio, maior será a vontade de ganhar e, portanto, mais atrativo o jogo será. Sendo assim, após a finalização destas pesquisas, ficou claro que deveriam ser inseridos no GPC fatores como: conceitos específicos da geometria, o que caracterizaria o lado educacional, e a diversão com desafio, aspecto que chamaria a atenção do aluno ao jogo.

O GPC consiste de uma disputa cujos objetivos são: o desenho de planos quadrados de acordo com o perímetro produzido com o produto dos valores de dois dados. A jogada dos dados se faz com pressionamento de um botão presente na interface com o usuário. A inserção do desenho é realizada com o auxílio do mouse em uma malha de pontos. Esta inserção deve ocorrer de forma estratégica, de modo que limite os espaços na malha do jogo, já que o término de uma partida é caracterizado por erros de: forma, perímetro ou impossibilidade de jogada por não haver espaços livres na malha do jogo. Vencerá o jogo quem somar mais pontos (atribuídos de acordo com cada desenho) em uma disputa de quatro partidas.

O GPC é constituído de duas versões: aluno X aluno e aluno X PC. A versão aluno X aluno se dá com a disputa entre dois alunos, o que proporciona a integração social, além do estímulo ao aprendizado. Nesta versão, o jogo apresenta dois níveis: no primeiro são permitidos apenas desenhos de quadrados paralelos aos eixos de coordenadas (x,y), no segundo, o grau de dificuldade é aumentado, fator possibilitado com a permissão dos desenhos também na diagonal. Já a versão aluno X PC é caracterizada pela disputa entre o aluno e o computador, onde as jogadas do computador são realizadas com a utilização de Inteligência Artificial, mais especificamente com o uso de redes *bayesianas*. Nesta versão são permitidos os mesmos níveis que estão presentes na versão do aluno x aluno. Esta versão é também caracterizada pelo aprendizado do

computador pois, à medida que as jogadas são efetuadas, o nível de dificuldade aumenta, proporcionando o aumento de desafio imposto pelo jogo, o que instiga o aluno a manter-se jogando. Vale salientar ainda que em ambas as versões as jogadas podem ser inseridas com a utilização das fronteiras dos quadrados já existentes na malha de pinos constituinte do jogo sendo, portanto, proibida a inserção de desenhos dentro de regiões já ocupadas da malha.

O sistema de pontuação do jogo dá-se de acordo com a quantidade de pinos que o plano desenhado engloba, ou seja, a cada jogada correta é somada pontuação ao jogador que a efetuou. Vale salientar que cada nível do jogo é composto por quatro partidas. Uma vez vencido um nível, o jogador avança para o nível seguinte.

A grade de desenho foi definida com um tamanho 14 X 14 pinos. A primeira versão do jogo foi concebida com dois níveis para trabalhar com o cálculo de perímetro de quadrados. Devido à dimensão da malha, o GPC apresenta cinco valores possíveis de perímetro, ou seja, os dados foram limitados para que o produto dos seus valores seja: quatro, oito, doze, dezesseis ou vinte. Um exemplo desta limitação pode ser visto quando o valor de um dos dados foi cinco e o outro dois, pois o produto destes valores não permite originar. Esta limitação ocorre também porque valores muito grandes limitariam o número de jogadas, o que não seria interessante ao aprendizado do aluno. Sendo assim, de acordo com os pinos englobados, a pontuação do jogo segue o seguinte padrão:

- Produto igual a quatro – São somados quatro pontos;
- Produto igual a oito – São somados nove pontos;
- Produto igual a doze – São somados dezesseis pontos;
- Produto igual a dezesseis – São somados vinte e cinco pontos;
- Produto igual a vinte – São somados trinta e seis pontos.

## 5.1 Inteligência Artificial

O uso da Inteligência Artificial na concepção do GPC foi tida como um dos fatores fundamentais para integrar o aspecto desafiador ao entretenimento com foco educacional. Ela é uma área de estudos cuja definição pode ser dada de diferentes formas:

- Para Winston (1987) - IA é a área do conhecimento, relacionada a sistemas de computação, que procura imitar as complexas ações humanas (falar, andar, raciocinar, etc.).
- Para Rich e Knight (1983) - IA estuda como fazer os computadores realizarem bem certas tarefas que, embora complicadas para as máquinas, são simples para seres humanos.

- Para Charniack (1985) - IA é o estudo das faculdades mentais por meio do uso de modelos computacionais.
- Para Waterman e Oetzel (1985) - O objetivo dos cientistas de IA tem sido desenvolver programas que de alguma forma pensem, i.e., solucionem problemas de maneira que possam ser considerados inteligentes se feitos pelo homem.

Contudo, implícita ou explicitamente, todas essas definições têm um ponto em comum: “O uso de conhecimento para simular ações humanas por meio de computador”.

Nos dias de hoje, vê-se que as pesquisas em inteligência artificial estão divididas em duas grandes áreas: o desenvolvimento de sistemas que agem humanamente (robôs) e o desenvolvimento de sistemas que agem racionalmente [Neapolitan, 2003]. No âmbito dos sistemas que agem racionalmente, existem duas abordagens principais: raciocínio lógico e raciocínio probabilístico. No raciocínio lógico há uma predominância do conhecimento prévio a respeito do problema e a partir dessa base de conhecimento as conclusões. Este método, apesar de ser poderoso, pode não ter utilidade nos casos onde não se conhece previamente todo o escopo do problema, nestes casos, uma abordagem mais adequada é o raciocínio probabilístico. Segundo Charniak (1991): “A principal vantagem do raciocínio probabilístico sobre o raciocínio lógico é o fato que os agentes podem tomar decisões racionais mesmo quando não existe informação suficiente para se provar que uma ação funcionará”.

Alguns fatores podem levar a falta de informação em uma base de conhecimento, os principais são:

- Impossibilidade: Em alguns casos, o trabalho exigido para a inserção de todos os antecedentes ou conseqüentes que configurem uma base de conhecimento onde quaisquer inferências a respeito do domínio do problema podem ser efetuadas, pode ser muito volumoso (uma base de conhecimento pode ser extremamente grande), difícil de ser representado com exatidão, mutável (pode sofrer mudanças com o tempo), difícil de ser obtido;
- Ignorância Teórica: Em alguns casos não se possui o total conhecimento do domínio do problema.

Lidar com a falta de informação significa lidar com incertezas. Neste ambiente é necessário utilizar conectivos que manipulem níveis de certeza e não apenas valores booleanos, verdadeiro (1) e falso (0). Para caracterização de situações de incerteza podemos utilizar grafos, que são capazes de atribuir níveis de confiança para todas as sentenças do conhecimento, e ainda estabelecer relações entre essas sentenças. Outra abordagem para o raciocínio

probabilístico são as redes *bayesianas*, que englobam a teoria de grafos para o estabelecimento das relações entre sentenças, e a teoria das probabilidades, para a atribuição de níveis de confiabilidade. Uma alternativa a esta abordagem seria o uso de níveis de verdade de uma sentença (em contrapartida a níveis de confiabilidade) - lógica *fuzzy*.

Em jogos eletrônicos, técnicas de IA são utilizadas para dar um certo grau de inteligência ao personagem (ou ao menos fazer com que eles pareçam inteligentes) e também permitir que eles possuam algum tipo de personalidade [Bourg e Seeman, 2004]. Um dos princípios básicos de IA para jogos são os algoritmos de IA determinísticos e padrões de movimento (utilizados nos primeiros jogos eletrônicos da história, são compostos por algoritmos de movimentos aleatórios, algoritmos de perseguição e evasão), onde os comportamentos são pré-programados ou pré-processados. Atualmente algumas das principais técnicas de IA implementadas em jogos são: Máquinas de Estados Finitas (*Finite State Machines* - FSM), Sistemas Baseados em Regras e Algoritmos de Busca [Lamothe, 1999].

Sobre estes conceitos a inteligência para o GPC procurou ser implementada para simular as ações de um jogador, trazendo assim mais realismo as partidas. Para essa implementação foi preciso escolher uma técnica que melhor se adequasse às necessidades do jogo. Por esta razão escolheu-se o Naive-Bayes, por trabalharem com técnicas que trabalham com a modelagem de incerteza através do uso das probabilidades. Estas técnicas incluem as regras probabilistas e as redes probabilistas que já demonstraram bons resultados do Naive-Bayes em outra aplicação de natureza similar [Lacerda e Braga, 2004], cuja simulação permitiu analisar a eficácia do Naive Bayes e observar a redução drástica do número de amostras do banco de dados sem que as inferências perdessem a credibilidade.

### 5.1.1 Redes Bayesianas

As redes *bayesianas* derivam das Redes Probabilistas, nas quais são usadas apenas probabilidades condicionais calculadas através do Teorema de *Bayes*. Uma Rede *Bayesiana* é um grafo acíclico orientado, onde os nós representam variáveis aleatórias e o arco unindo dois nós representa a dependência probabilista entre as variáveis associadas. Cada nó armazena a função de distribuição de probabilidades condicional dos valores que podem ser assumidos pela variável aleatória associada ao nó, dados os valores de seus nós pais (isto é, aqueles diretamente ligados ao nó em questão). Em uma rede *bayesiana* cada nó armazena a função de distribuição de probabilidades condicional dos valores que podem ser assumidos pela variável aleatória associada ao nó, dados os valores de seus nós pais (isto é, aqueles diretamente ligados ao nó em questão). A Figura 3 mostra uma Rede *Bayesiana* Simples (rede para calcular inferências sobre a grama molhada) com 4 nós

simples [Russell e Norvig, 1995].

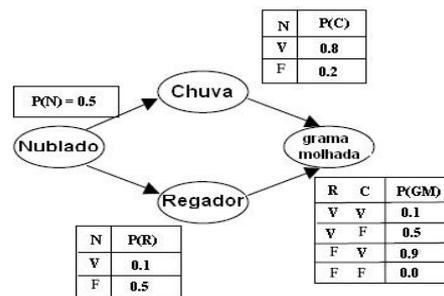


Figura 3 :Rede para inferências sobre a grama molhada.

As redes *bayesianas* constituem um conjunto de métodos que são derivadas dela e, portanto utilizam os mesmo conceitos de cálculo de probabilidade condicional para obtenção de soluções, essas técnicas derivadas da Rede Bayesiana são denominadas Classificadores. Em geral são cinco os Classificadores: Naive-Bayes, Tree augmented Naive-Bayes, Bayesian network augmented Naive-Bayes, Bayesian multi-nets e general Bayesian networks [Cheng e Greiner, 2001].

Para a implementação da inteligência do GPC escolheu-se o Naive-Bayes por ser um método simples, de baixo custo computacional e robusto. Esse classificador é denominado ingênuo (*naive*) por assumir que os atributos são condicionalmente independentes, ou seja, a informação de um evento não se relaciona com os outros eventos. Deste modo, cada atributo é um conjunto probabilístico único. Em particular, cada descrição também tem uma classe de probabilidade associada,  $p(C_k)$ , que especifica a probabilidade a priori de um atributo observado da classe  $C_k$ . Cada descrição também tem um conjunto associado de probabilidades condicionais, especificando a distribuição de probabilidade para cada atributo na descrição dos atributos da classe. Cada termo  $p(v_j | C_k)$  especifica a probabilidade do valor  $v_j$  dado a instância da classe  $C_k$ . A instância é a representação de uma classe. A equação para o cálculo da Naive-Bayes está representada em (1). A Figura 4 mostra a representação gráfica para uma Naive-Bayes simples.

$$p(\Lambda v_j | C_k) = \prod_j p(v_j | C_k), \quad (1)$$

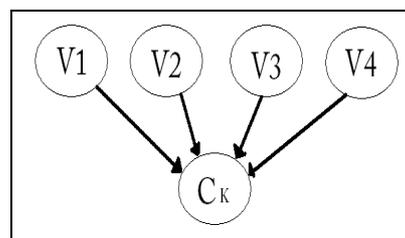


Figura 4: Gráfico simples de uma Naive-Bayes.

Em contraste com outros métodos, o *Naive Bayes* não faz uma busca extensiva no espaço amostral dos atributos para determinar sua

distribuição conjunta, pois a independência entre os atributos possibilita que dado o conhecimento das marginais  $p(v_j | C_k)$  a conjunta esteja totalmente especificada, a equação (1) mostra este fato.

Deste modo, mesmo que alguns ou mesmo vários eventos da distribuição conjunta não ocorram, o *Naive Bayes* retornará uma resposta, o que não acontecerá com os outros métodos. Outro fato decorrente da independência entre os atributos é que a ordem do treinamento das instâncias não influenciará no resultado final. Assim sendo, o *Naive Bayes* em comparação com outros métodos, em particular com o Sistema Baseado em Regras, o *Naive Bayes* é capaz de tratar as informações estatísticas de modo direto, mesmo em relação a um sistema baseado em regras probabilistas. Além disso, o *Naive Bayes* também é capaz de responder a eventos não previamente programados, o que não é possível nos sistemas baseados em regras, mesmo os mais sofisticados [Neapolitan, 2003].

### 5.1.2 Inteligência Artificial do GPC

Como já citado neste artigo, na versão Aluno X PC o jogo é composto por um módulo de inteligência que utiliza redes bayesianas para definir as jogadas do PC. Neste processo de definição algumas variáveis são consideradas, elas são:

- Contagem de frequência;
- Divisão em quadrantes;
- Cálculo de probabilidades.

Exemplo de como a inteligência se comporta para efeitos do cálculo da probabilidade:

- A tela do jogo é supostamente dividida em quatro partes de tamanhos desiguais, que são os quadrantes;
- As quatro partes são tratadas como matrizes de inteiros independentes, como pode ser visualizado na Figura 5;
- O cálculo da probabilidade é feito com o uso de sete variáveis. Destas, cinco são de entrada - soma1, soma2, soma3, soma4 (que são a soma dos valores das casas utilizadas na jogada para: o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto quadrante respectivamente) e o lado ([ $dado1 * dado2 / 4$ ]) - e duas de saída: Stotal (soma da jogada) e quadrante (quadrante no qual foi realizada a jogada);
- O cálculo das frequências de cada variável apresentada acima, possibilitando assim o cálculo total da probabilidade.

A Figura 6 mostra a representação gráfica da Naive-Bayes e a Figura 5 exhibe o formato abstrato da tela para efeitos dos cálculos das somas.

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7
7	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	13	14
13	14	15	16	17	18	15	16	17	18	19	20	21
19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28
25	26	27	28	29	30	29	30	31	32	33	34	35
31	31	33	34	35	36	36	37	38	39	40	41	42
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7
7	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	13	14
13	14	15	16	17	18	15	16	17	18	19	20	21
19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28
25	26	27	28	29	30	29	30	31	32	33	34	35
31	31	33	34	35	36	36	37	38	39	40	41	42
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49

■ primeiro quadrante  
 ■ segundo quadrante  
 ■ terceiro quadrante  
 ■ quarto quadrante

Figura 5: Abstração da grade para efeito dos cálculos.

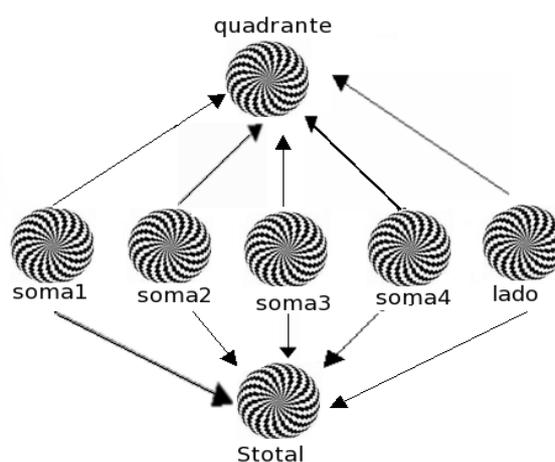


Figura 6: Gráfico da Naive-Bayes para o GPC.

Exemplo do cálculo para as posições marcadas na Figura 5:

1. soma1 = 30 + 36 = 66
2. soma2 = 29 + 30 + 31 + 36 + 37 + 38 = 201
3. soma3 = 6 + 12 = 18
4. soma4 = 1 + 2 + 3 + 8 + 9 + 10 = 33
5. Stotal = 66 + 201 + 18 + 33 = 318
6. Lado = 4
7. Quadrante = 1234

Fórmula da probabilidade:

$$P(\text{quadrante} = x_6, \text{Stotal} = x_7 \mid \text{soma1} = x_1, \text{soma2} = x_2, \text{soma3} = x_3, \text{soma4} = x_4, \text{lado} = x_5) = p(x_6 = x_6 \mid x_1 = x_1, x_2 = x_2, x_3 = x_3, x_4 = x_4, x_5 = x_5) * p(x_7 = x_7 \mid x_1 = x_1, x_2 = x_2, x_3 = x_3, x_4 = x_4, x_5 = x_5).$$

Obs: a probabilidade informa qual é a melhor jogada a ser efetuada pelo jogo, tendo em vista as jogadas armazenadas no banco de jogadas.

## 5.2 Interface com o Usuário

Uma importante etapa do desenvolvimento de um jogo é a que define qual é o comportamento dos personagens, suas aparências, qualidades e outros itens a eles associados [Netto et al., 2006]. Para o GPC, esta etapa foi composta pela elaboração dos esboços das possíveis interfaces gráficas que o jogo poderia possuir. Para isso, abordou-se aspectos de disposição de itens em interfaces, além do uso de cores nas mesmas. Após estudos, definiu-se que a interface do jogo seria disposta em duas regiões: à esquerda a malha de pinos onde as jogadas são efetuadas e à direita os componentes gráficos. Esta escolha se deu pelo fato de que com tal disposição a visualização da malha de pinos seria privilegiada, já que o padrão de leitura ocidental é realizado da esquerda para direita, de cima para baixo.

Em se tratando do uso de cores em interfaces gráficas, pesquisas foram determinantes no esclarecimento de alguns pontos. Estes são: que cores são mais aconselhadas para prender a atenção dos usuários, aspecto importante para o jogo, já que é direcionado ao público infantil, e que contrastes podem ou não ser utilizados. Adicionalmente, ao se escolher um conjunto de cores deve-se ter em mente que as cores são afetadas pelo ambiente que as circunda, ou seja, para selecionar cores não se deve considerar apenas o critério estético [Salles et al., 2006]. Com base nestes princípios decidiu-se por uma interface gráfica que possuísse cores cuja composição fosse agradável, contrastando aspectos de relaxamento e estímulo, o que se pode conseguir com composições que utilizam cores quentes e frias [Salles et al., 2006]. Sendo assim, a interface gráfica é composta pela cor de fundo fria cinza, com a pinagem em cor quente laranja, o que confere aos pinos o aspecto de sobressair-se do plano de fundo, favorecendo a visibilidade da malha.

Ao abrir o jogo será apresentada ao usuário a tela inicial, que apresenta as regras do jogo, como pode ser visualizado na Figura 1. Nesta tela o jogador terá a possibilidade de escolher entre as duas versões possíveis, seja pelo menu ou pelos botões que representam as versões. Ao ser escolhida a versão as regras desaparecerão da tela, sendo substituídas pela malha de pinos, como pode ser visto na Figura 7. Vale salientar que o usuário pode ter acesso às regras em qualquer ocasião do jogo ao escolher a opção regras do menu ajuda.

Além da malha de pinos a interface é composta por alguns componentes como: uma aba de cores, com as quais o jogador pode desenhar seus planos, um botão de dados, a indicação de que jogador está na vez, o nível, a quantidade de partidas jogadas e a pontuação de ambos os usuários. Características como: as mudanças de cores com as quais os quadrados podem ser desenhados, bem como o aspecto de ligas que as retas constituintes dos quadrados possuem quando os mesmos estão sendo desenhados visam aumentar o entretenimento do jogo aliado ao desafio do mesmo. Neste contexto, o

desafio apresenta-se mais acentuado na versão entre Aluno e PC devido à presença das jogadas inteligentes do PC.

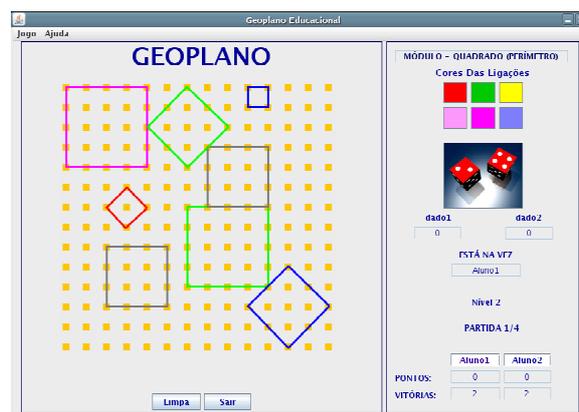


Figura 7: GeoPlanoPEC sendo executado no modo aluno x aluno.

## 6. Conclusão

Com a finalização do trabalho constatou-se a importância dos jogos educacionais como forma de auxiliar nas relações ensino/aprendizado, favorecendo não apenas aos alunos como complemento em seus estudos, bem como a professores como ferramenta inovadora de auxílio ao ensino. Com pesquisas e embasamento educacional bem definido foi desenvolvido o GeoplanoPEC, um jogo que teve por meta de desenvolvimento suprir as defasagens que grande parte dos jogos educacionais existentes possuem, disponibilizando ao professor uma nova ferramenta de trabalho. Especificamente, o GPC foi desenvolvido para abordar conteúdos de 4ª e 5ª série relacionados à Geometria Plana e ser utilizado tanto pelo professor dentro de sala-de-aula quanto pelos alunos fora do ambiente escolar.

Para a obtenção de tal objetivo foram abordadas características fundamentais para constituição de um bom jogo, aliando diversão, conteúdo específico de geometria plana e desafio através de um módulo de inteligência acoplado ao jogo. Atualmente, o GeoplanoPEC encontra-se em processo de validação por professores e alunos.

## Agradecimentos

Este trabalho é financiado pela FINEP (convênio 01.06.1172.00) e pelo CNPq através de bolsas institucionais PIBIC/UFPB.

## Referências

- ARANHA, G. 2006. "Jogos Eletrônicos Como um Conceito Chave para o Desenvolvimento de Aplicações Imersivas e Interativas para o Aprendizado". *Ciências e Cognição* 3(7),105-110.

- BITTENCOURT, J.R. e GIRAFFA, L.M. 2003. Role-Playing Games, 2003. Educação e Jogos Computadorizados na Cibercultura. In: *I Simpósio de RPG em Educação*. Rio de Janeiro: CCEAD/PUC – Rio.
- BOURG, D.M. e SEEMAN, G. 2004. *AI for Game Developers*. Sebastopol: OReilly.
- CHARNIACK, E. 1985. *Introduction to Artificial Intelligence*, Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing CO.
- CHARNIAK, E. 1991. Bayesians Networks without Tears. *IA Magazine*. 4(15), 69 - 74 .
- CHENG, J. e GREINER, R. 2001. Learning Bayesian Belief Network Classifiers: Algorithms and System. *Lecture Notes in Computer Science* (2056), Springer, 141-151.
- CLUA, E.W. 2002. *Importância e Impacto dos Jogos Educativos na Sociedade*. IN: I Games and Digital Entertainment Workshop (Wjogos), 7-10 de Outubro de 2002 , Fortaleza-CE-Brasil: Sociedade Brasileira de Computação, CD-ROM .
- CLUA, E.W. e BITTENCOURT, J.R. 2004 *Uma Nova Concepção para a Criação de Jogos Educativos*. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Manaus-AM: Sociedade Brasileira de Computação, CD-ROM.
- GATTEGNO, C. 1974. *The Common Sense of Teaching Matematicismo*, New York: Educational Solutions.
- GRANDO, R.C. 2000. *O conhecimento matemático e o uso de jogos na sala de aula*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, UNICAMP.
- KRUGER, F.L. e CRUZ, D.M. 2001. *Os Jogos Eletrônicos de Simulação e a Criança*. INTERCOM – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, XXIV Congresso Brasileiro da Comunicação, 3-7 de Fevereiro de 2001. Campo Grande-MS.
- LACERDA, W.S. e BRAGA, A.P. 2004. Experimento de um Classificador de Padrões baseado na Regra Naive de Bayes. *Infocomp*, 3(1), 30-35.
- LAMOTHE, A. 1999. *Tricks of the Windows Game Programming Gurus- Fundamentals of 2D and 3D Game programming*. Indianápolis: Sams.
- MOURA, A. R. L. 1999. *Jogos computacionais: uma alternativa para as aulas de matemáticas*. 1<sup>st</sup> Games and Digital Entertainment Workshop( Wjogos ) 7-10 de Outubro de 2002, Fortaleza-CE-Brasil: SBC, CD-ROM .
- NEAPOLITAN, R. 2003. *Learning Bayesian Networks*. Prentice Hall.
- NETTO, J.C.; MACHADO, L.S.; MORAES, R.M. 2006. *Um Estudo Comparativo de Ferramentas para a Criação de Jogos Educacionais Baseados em Realidade Virtual*. In: Workshop de Aplicações em Realidade Virtual, 21-24 de Novembro 2006 Recife-PE-Brasil.
- PERRY, G. T. 2007. *Necessidades específicas do desing de jogos educacionais*. SBGames2007, 7-9 de Novembro de 2007 ,São Leopoldo-RS-Brasil: Sociedade Brasileira de Computação, CD-ROM.
- RICH, E. e KNIGHT, K., 1983. *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill, New York, second edition.
- RUSSELL, S. e NORVIG. P. 1995. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence.
- SALLES, J.A.; COSTA, C.A.; CARDOSO, R.C. 2006. “Necessidades Para o Desenvolvimento de Uma Interface Adequada Para Resultados de Ensino-Aprendizagem Bem Sucedidos”. *Relatório de pesquisa, TCC3047*. UNISUAN.
- TAROUCO, L. M.; ROLAND, L.C.; FABRE, M. C. e KONRATH M.L. 2004. Jogos Educacionais. *Revista de Novas Tecnologias na Educação*, 2(1), 25-33. UFRGS.
- WATERMAN, P. D. e OETZEL, R. M., editors (1985). *NeuralSource: The Bibliographic Guide to Artificial Neural Networks*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- WINSTON, P. H., (1987). *Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 3<sup>rd</sup> edition.