

Instituto de Matemática e Estatística

Universidade de São Paulo, Brasil

Design de Mecanismos: Uma ferramenta simuladora de leilões

Renata Luiza dos Santos Claro e Thiago Figueiredo da Silva

Orientador: Flávio Soares Corrêa da Silva

1 de dezembro de 2011

Sumário

1	Agradecimentos	5
2	Introdução	6
3	Estudos Preliminares	8
3.1	Teoria dos Jogos	9
3.1.1	Aplicações	9
3.1.2	Jogo Estratégico	10
3.1.3	Tipos de Jogos	10
3.1.4	Equilíbrio de Nash	11
3.1.5	Equilíbrio Bayesiano	12
3.1.6	Teorema MiniMax	14
3.2	Inteligência Artificial	15
3.2.1	Agentes Inteligentes	15
3.2.2	Agente Perfeitamente Racional	16
3.2.3	Ambiente de Tarefa	16
3.3	Leilões	18
3.3.1	Teoria dos Leilões	19
3.4	Design de Mecanismos	20
3.4.1	Escolhas Sociais	21
3.4.2	Aplicações	21
4	Abordagem do Tema e Objetivos	22
4.1	Escolha do escopo do trabalho	23
4.2	Desafios do Trabalho	23
5	Desenvolvimento	25
5.1	Visão Geral da Ferramenta	25
5.2	Especificações Técnicas	25
5.3	Requisitos	25

5.4	Arquitetura e Design	27
5.4.1	Classes	27
5.4.2	Janelas	27
5.4.3	XLS	27
5.5	Fluxo de Dados	28
5.6	Testes	29
6	A modelagem dos participantes	31
6.1	Decisões acerca da modelagem	31
6.2	Como é calculado um lance?	31
6.2.1	Perfeitamente Racional	32
6.2.2	Cauteloso	32
6.2.3	Moderado	33
6.2.4	Agressivo	34
7	Manual do Usuário	35
7.1	Descrição dos Parâmetros	36
7.1.1	Distribuição do Valor para Participante	37
7.1.2	Distribuição do Dinheiro Disponível	37
7.1.3	Definição dos Perfis	37
7.2	Resultados	39
8	Validação da Modelagem e Resultados	50
9	Conclusões e Expectativa de Continuidade	59
10	Análise Subjetiva	61
10.1	Renata	61
10.1.1	Desafios e Dificuldades	61
10.1.2	Disciplinas mais Relevantes	62
10.2	Thiago	63
10.2.1	Desafios e Dificuldades	63

10.2.2 Disciplinas mais Relevantes 63

1 Agradecimentos

A primeira pessoa a quem devemos agradecer é o professor Flávio Soares Corrêa da Silva, nosso orientador. Ele nos deu todo apoio para o desenvolvimento desse projeto desde a sua concepção (que ocorreu em uma conversa na sala dele) até o final, sempre nos ajudando nos momentos de desespero.

Outra pessoa que foi de grande ajuda nesse projeto foi a aluna de Bacharelado em Estatística do IME Juliana Cunha Gil. Ela foi parte integrante do projeto desde o começo, sendo nossa "cliente" e analisando quais seriam as funcionalidades necessárias para o sistema. Além disso, ela também dará continuidade a esse projeto fazendo análises estatísticas para aperfeiçoar o sistema.

Também precisamos agradecer ao nosso colega do Bacharelado em Ciência da Computação Gabriel Henrique Orso Reganati, que sempre nos motivou durante o semestre e testou a ferramenta desenvolvida, fazendo críticas e sugestões.

2 Introdução

A Teoria dos Jogos é uma área de pesquisa que estuda comportamentos em um ambiente estratégico no qual vários "jogadores" interagem, sendo que o objetivo de cada jogador é maximizar seu retorno. Um "jogador" pode ser definido como uma entidade que toma decisões dado um conjunto de regras e o estado atual desse ambiente. O ambiente somado ao conjunto de regras e jogadores consiste em um "jogo".

Muitos "jogos" são compostos por entidades humanas, que, muitas vezes, não possuem comportamento previsível ou racional. A Bolsa de Valores, por exemplo, pode ser modelada como um jogo, uma vez que possui regras bem definidas para compra e venda. Além disso, a decisão de um jogador afeta o estado da Bolsa, o que, por sua vez, afeta as decisões dos outros jogadores. Outro exemplo de jogo aplicável é o leilão. Um leilão pode ser definido como um conjunto de regras que determina uma troca, segundo a teoria Econômica.

Além de sua forma mais popular, voltada ao entretenimento, os leilões possuem aplicações importantes para a economia de qualquer país. Algumas delas incluem venda de licitações, venda de negócios e venda de recursos naturais. Empresas telefônicas compram o direito de uso de partes do espectro eletromagnético através de um leilão. Já outras empresas compram licenças de exploração de recursos naturais também através de leilões.

O principal ponto de interesse para todos os jogadores de um leilão é o preço final do item leiloado. Enquanto o vendedor espera chegar ao preço desejado, o comprador espera obter o artigo de interesse a um preço que lhe seja conveniente. Como obter a sequência de lances de um leilão dado um preço final é um problema comum de uma área de pesquisa denominada de Design de Mecanismos.

O design de mecanismos ou teoria dos jogos reversa é uma área recente da teoria dos jogos. Enquanto a segunda procura definir estratégias a partir de regras, a primeira procura inferir regras a partir das estratégias dos jogadores.

Todos estes temas foram brevemente abordados em algumas das disciplinas do curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo, especialmente em disciplinas optativas, tais como Inteligência Artificial e Teoria dos Jogos.

A elaboração desta monografia nasceu da percepção de que era possível, utilizando os conhecimentos diversos adquiridos no curso, aprofundar os estudos acerca do tema e produzir uma ferramenta que gerasse dados estatísticos com o objetivo de auxiliar as pesquisas da área. A alternativa a um simulador virtual seria uma simulação real, com jogadores humanos, o que é inconveniente pois estima-se que seja um processo lento e custoso.

Surge então a proposta de, dado um produto e seu valor, confeccionar um programa que simulasse um leilão e explicitasse as divergências entre o valor atingido e o valor “real” do produto. No entanto, se uma simulação real possui seus contrapontos, uma simulação virtual também os possui. Para que seja atingido um resultado próximo ao de um leilão feito com jogadores humanos, os agentes inteligentes do leilão virtual deveriam possuir um comportamento mais próximo do comportamento do ser-humano – ou seja, não completamente racional.

Mesmo assim, sabe-se a ferramenta por si só não é suficiente, podendo esta apenas auxiliar no estudo de leilões e da teoria dos jogos em geral. Na monografia a seguir encontram-se descritas as etapas de confecção e possibilidades geradas pela ferramenta, além de um aprofundamento nos temas acima mencionados. O estudo dos resultados gerados pela ferramenta será publicado no trabalho de formatura da estudante do curso de Estatística do IME-USP
Juliana Cunha Gil.

3 Estudos Preliminares

A seguir encontram-se os estudos feitos inicialmente pelo grupo e que forneceram a base teórica para o desenvolvimento da ferramenta.

3.1 Teoria dos Jogos

A Teoria dos Jogos é uma área de pesquisa da matemática aplicada que estuda as ações que os jogadores podem realizar em um determinado jogo e como elas refletem no retorno para cada jogador. Um de seus objetivos é prever o movimento dos outros jogadores, sejam eles aliados ou oponentes [9]. A primeira discussão conhecida sobre o assunto ocorreu em uma carta escrita por James Waldegrave em 1713, onde propõe uma estratégia mista de minimax para um jogo de duas pessoas. Inicialmente, a Teoria dos Jogos foi utilizada como método de estudo para comportamentos econômicos e para definir estratégias nucleares. Hoje em dia, ela é aplicada em ciências políticas, economia, filosofia e jornalismo. Em ciência da computação, as áreas de inteligência artificial e cibernética se interessaram pela área, o que ajudou no desenvolvimento de ambas [4]. Particularmente no caso dos leilões, os resultados obtidos pela Teoria dos Jogos auxiliam no cálculo da melhor oferta que cada participante deve realizar para maximizar as possibilidades de ganho, mas respeitando as limitações de cada um (como por exemplo, o dinheiro disponível para cada jogador).

3.1.1 Aplicações

- **Economia:** utilizada para analisar diversos fenômenos econômicos, como leilões, barganhas, sistemas de votação e formações de redes sociais. Normalmente se procura uma estratégia que coloque o jogo em equilíbrio, a estratégia mais conhecida atualmente é o Equilíbrio de Nash.
- **Biologia:** o retorno nesse caso é uma medida de adaptação. Não se procura tanto o equilíbrio, mas para o que pode ser mantido pelas forças evolucionárias. Isso é conhecido como Estratégia Evolucionária Estável.
- **Descritivo:** estudo de como as populações humanas se comportam. Alguns pesquisadores acreditam que, ao encontrar um equilíbrio, pode-se prever como as populações irão se comportar em situações análogas à estudada. Por ser necessário supor racionalidade dos jogadores, que não ocorre em pessoas, essa visão tem caído em descrença atualmente.

- Normativo: parecido com o modelo descritivo, porém não acredita que a teoria dos jogos deve ser usada para prever comportamentos, mas sim sugerir como as pessoas deveriam se comportar.
- Ciência Política: utilizada para formação de alianças entre partidos e para a tentativa de alcançar a paz democrática. Mas isso depende de informações claras e confiáveis das opiniões em relação a outros estados ou partidos, o que é muito difícil, principalmente quando existem líderes não democráticos.
- Jornalismo: um caso de utilização da teoria dos jogos no jornalismo é conhecido como Jogo do Off, que é uma cooperação entre uma fonte anônima e um repórter ou veículo jornalístico.

3.1.2 Jogo Estratégico

Estudados pela teoria dos jogos, os jogos estratégicos são definidos pelo livro *A Course in Game Theory*, de Noam Nisan, Tim Roughgarden, Éva Tardos e Vijay V. Vazirani [9], como sendo um modelo de tomada de decisão interativa no qual cada tomador de decisão escolhe um plano, e essas escolhas são realizadas simultaneamente.

Um jogo estratégico consiste de:

- Um conjunto finito N (o conjunto dos **jogadores**).
- Para cada jogador i em N , um conjunto A_i (o conjunto de **ações** possíveis para o jogador i).
- Para cada jogador i em N , uma ordem de preferência das combinações de ações de todos os jogadores (a **relação de preferência** do jogador i).

Se para cada jogador i o conjunto A_i for finito, o jogo é também considerado finito.

3.1.3 Tipos de Jogos

- Simultâneos e Seqüenciais: nos jogos simultâneos todos os jogadores jogam simultaneamente, ou pelo menos não conhecem as estratégias adversárias antes de se moverem.

Nos jogos seqüenciais cada jogador tem conhecimento da estratégia dos jogadores que o precederam.

- Simétricos e Assimétricos: em um jogo simétrico o retorno de cada jogador depende apenas da estratégia escolhida, e não de quem está jogando, se os jogadores forem trocados o jogo continua igual. Em um jogo assimétrico, as estratégias e retornos variam de acordo com o jogador.
- Soma Zero e Soma Diferente de Zero: em um jogo de soma zero os jogadores vencedores recebem exatamente o valor perdido pelos jogadores perdedores, como no pôquer. Se o jogo for de soma diferente de zero a soma dos retornos de todos os jogadores, vencedores e perdedores, tem uma soma diferente de zero.
- Informação Perfeita e Imperfeita: em jogos de informação perfeita o jogador sabe perfeitamente a estratégia adotada pelos seus antecessores nas jogadas anteriores a atual. Se essa informação não é completamente conhecida pelos jogadores, o jogo é chamado de jogo de informação imperfeita. Portanto, apenas jogos seqüenciais podem ser considerados de informação perfeita.

Considerando os tipos acima citados, é possível classificar os leilões por: seqüenciais (cada jogador tem a sua vez de fazer a oferta), simétricos (todos os jogadores possuem o mesmo conjunto de estratégias possíveis, o mesmo objetivo e as mesmas restrições), possui informação perfeita (os jogadores sabem tudo que aconteceu antes do lance atual, como o lance de cada um e o preço inicial) e possui soma diferente de zero (apenas um jogador ganha, todos os outros deixam de ganhar mas também não perdem nenhum dinheiro).

3.1.4 Equilíbrio de Nash

Até meados de 1950, a Teoria dos Jogos era capaz apenas de solucionar jogos não-cooperativos, rivalidades puras e situações de lucro zero. Até que John Nash mudou esse cenário transformando o conceito de rivalidade em lucro mútuo.

Nash desenvolveu o conceito conhecido como Equilíbrio de Nash. Dado um conjunto de estratégias, se a estratégia escolhida por cada jogador possuir um retorno ótimo dadas as

estratégias de todos os outros jogadores, esse conjunto é definido como sendo um Equilíbrio de Nash [6] [7].

Um exemplo clássico de Equilíbrio de Nash, retirado do livro *Algorithmic Game Theory*, de Noam Nisan, Tim Roughgarden, Éva Tardos e Vijay V. Vazirani [9], está na tabela abaixo e é conhecido como dilema do prisioneiro. Esse exemplo consiste de dois prisioneiros ("A" e "B") que estão presos e tem duas opções de estratégia: negar o envolvimento durante o interrogatório ou delatar o outro prisioneiro, possuindo os retornos especificados na tabela.

	Prisioneiro "B" nega	Prisioneiro "B" delata
Prisioneiro "A" nega	Ambos são condenados a 6 meses	"A" é condenado a 10 anos; "B" sai livre
Prisioneiro "A" delata	"A" sai livre; "B" é condenado a 10 anos	Ambos são condenados a 5 anos

Dilema do Prisioneiro

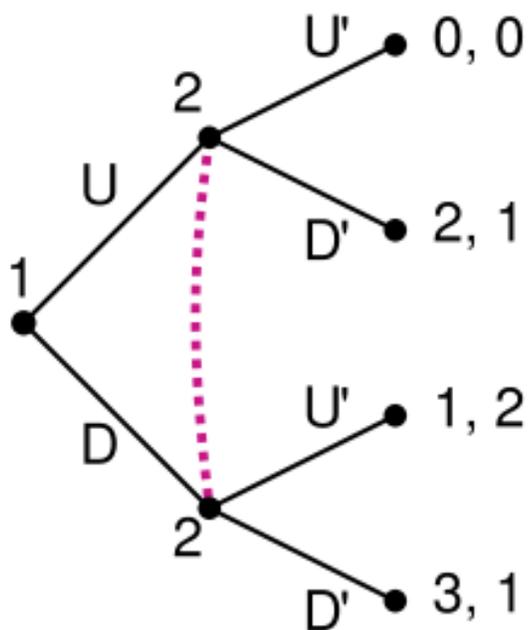
Nesse exemplo, o único Equilíbrio de Nash consiste em ambos os prisioneiros delatarem ao outro. Pois se algum dos dois mudar a estratégia para negar, esse seria condenado a 10 anos, e se nenhum dos dois mudar, ambos serão condenados a 5 anos, sendo um retorno melhor para ambos.

3.1.5 Equilíbrio Bayesiano

Em um jogo Bayesiano os jogadores esperam maximizar seus ganhos com base em suas crenças sobre a estratégia do adversário. O Equilíbrio Bayesiano de Nash é definido como um perfil de estratégia aonde cada jogador tem determinada crença sobre o jogo do adversário de forma a maximizar os ganhos de cada um não importando a estratégia escolhida pelos adversários. No entanto é um equilíbrio em que os jogadores jogam seqüencialmente ao invés de simultaneamente.

Para refinar tal equilíbrio pode-se aplicar o conceito de Equilíbrio Bayesiano Perfeito, que determina que o jogo subsequente é sempre ótimo. A idéia de racionalidade seqüencial é o que determina que o jogo subsequente seja sempre ótimo. Essa idéia é a de que o ganho

esperado do jogador que “está com a vez” é máximo, dadas as jogadas feitas anteriormente pelos outros jogadores.



A informação no jogo acima é imperfeita, uma vez que o jogador 2 não sabe o que o jogador 1 fará quando for jogar. Agora, aplicando as regras do equilíbrio Bayesiano perfeito temos:

O jogador 2 não pode observar a escolha do jogador 1. O jogador 1 quer enganar o jogador 2 fazendo-o pensar que ele jogou U quando na realidade ele jogou D, então o jogador 2 irá jogar D' e o jogador 1 vai receber 3. Na verdade, há um equilíbrio Bayesiano perfeito quando o jogador 1 joga D e o jogador 2 joga U', então o jogador 2 continua acreditando que o jogador 1 vai mesmo jogar D. Neste equilíbrio, toda a estratégia é racional dado que as crenças se mostraram verdadeiras e cada crença é consistente em relação a estratégia colocada em prática. Neste caso, o equilíbrio Bayesiano perfeito é o único equilíbrio de Nash possível.

3.1.6 Teorema MiniMax

Segundo o teorema Minimax há sempre uma solução racional para um conflito entre dois indivíduos cujos interesses são completamente opostos, ou seja, o que é ganho por um lado, é perdido pelo outro. Esse é um exemplo da chamada situação de soma zero, uma vez que os ganhos dos dois jogadores somam zero [10].

A combinação de estratégias, na qual o máximo dos mínimos é igual ao mínimo dos máximos, chama-se "ponto de equilíbrio do jogo".

3.2 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial é uma grande área da ciência da computação. Porém, não existe um consenso sobre a sua definição, variando de acordo com o livro consultado. O livro Artificial Intelligence, A Modern Approach, de Stuart J. Russel e Peter Norvig [10], reúne algumas das definições mais aceitas e estão reproduzidas na tabela abaixo.

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
<p>"O empolgante esforço realizado recentemente para fazer computadores pensarem... <i>máquinas com mentes</i>, no sentido completo e literal." (Haugeland, 1985)</p> <p>"[A automação de] atividades que são associadas ao pensamento humano, atividades como tomada de decisões, solução de problemas, aprendizado..." (Bellman, 1978)</p>	<p>"O estudo das faculdades mentais através do uso de modelos computacionais." (Charniak e McDermott, 1985)</p> <p>"O estudo de computação que torna possível sensoriar, racionalizar e agir." (Winston, 1992)</p>
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente
<p>"A arte de criar máquinas que realizam funções que requerem inteligências quando realizada por pessoas." (Kurzweil, 1990)</p> <p>"O estudo de como fazer computadores realizarem atividades nas quais, no momento, seres humanos são melhores." (Rich e Knight, 1991)</p>	<p>"Inteligência computacional é o estudo do design de agentes inteligentes." (Poole et al, 1998)</p> <p>"IA... trata de comportamento inteligente em artefatos." (Nilsson, 1998)</p>

3.2.1 Agentes Inteligentes

A partir das definições de inteligência, se faz necessário formalizar uma definição para o conceito de agente inteligente.

"Um agente é qualquer coisa que compreenda um determinado ambiente através de sensores e aja através de atuadores.", Artificial Intelligence, A Modern Approach, de Stuart J.

Russel e Peter Norvig [10]. O que faz o agente ser considerado inteligente é atuar de forma descrita em alguma das definições presentes na Tabela 2.

No caso de um simulador de leilões, os agentes inteligentes são os participantes do leilão, que devem calcular o lance a ser realizado seguindo determinados limites. Esse agente pode ser tanto racional, tentando maximizar seu ganho sem influência do ambiente, ou irracional, com o cálculo do lance sendo influenciado pelo ambiente e "personalidade" do agente (na tentativa de simular pessoas reais disputando um leilão).

3.2.2 Agente Perfeitamente Racional

Um agente inteligente é considerado perfeitamente racional quando ele toma decisões de forma a maximizar o seu retorno, não sendo influenciado por fatores externos ao problema a ser resolvido.

O livro Artificial Intelligence, A Modern Approach define que para ser perfeitamente racional o agente depende de quatro fatores:

- A medida de performance que define o sucesso da ação realizada.
- O conhecimento inicial do agente sobre o ambiente.
- As ações que o agente pode realizar.
- A seqüência de percepções até o momento atual.

E isso leva a uma definição formal de agente racional, encontrada no mesmo livro:

Para cada seqüência de percepções, o agente racional deve escolher a ação com maior probabilidade de maximizar a sua medida de performance, dadas as informações coletadas pelas percepções e qualquer informação inicial sobre o ambiente que o agente tenha.

3.2.3 Ambiente de Tarefa

Ambiente de Tarefa é um conjunto de definições que define o ambiente onde o agente desenvolverá alguma ação. Esse ambiente é normalmente descrito em quatro pontos diferentes, sendo eles: performance, ambiente, atuadores e sensores [2].

Um ambiente de tarefa possui as seguintes propriedades:

- Totalmente ou Parcialmente Observáveis: em um ambiente totalmente observável toda informação é conhecida. Um ambiente parcialmente observável não conhece todo o ambiente, devendo assim sensorar ou fazer suposições.
- Determinístico ou Estocástico: se o ambiente for determinístico, toda ação que o agente exercer possui uma resposta esperada que sempre ocorre. Em um ambiente estocástico existem probabilidades de acontecer uma reação para uma determinada ação.
- Estático ou Dinâmico: um ambiente que só é alterado pelas ações do próprio agente é chamado de estático. Enquanto um ambiente que sofre alterações que independem do agente é chamada de dinâmico.
- Discreto ou Contínuo: o ambiente é discreto se for possível enumerar a quantidade de estados existentes. O ambiente contínuo sempre possui infinitos estados inumeráveis.
- Agente Único ou Múltiplos Agentes: um ambiente de tarefa que possui apenas um agente interagindo com o ambiente possui um agente único. Enquanto um ambiente de tarefa que possui dois ou mais agentes interagindo com o ambiente possui múltiplos agentes. Um ambiente com múltiplos agentes pode ser tanto cooperativo quanto competitivo.

O ambiente de tarefas que simula leilões é definido como: totalmente observável (todos os lances são conhecidos), estocástico (o valor da oferta realizada pelos participantes é sorteado, e não pode ser previsto pelos jogadores adversários), estático (a única mudança feita são os lances realizados pelos jogadores), discreto (cada jogador tem a sua vez realizar um lance, e os lances são finitos) e possui múltiplos agentes (são vários jogadores participando de forma competitiva).

3.3 Leilões

Um leilão é um processo de compra e venda de serviços ou produtos. Por ser o mais utilizado e conhecido, o leilão inglês foi escolhido como objeto de estudo desse trabalho. Nele, o organizador do leilão deve expor o serviço ou produto que será leiloado e fixar um valor para a oferta inicial (todas as ofertas devem ser maiores que esse valor) e um outro valor para o aumento mínimo (o qual todas as ofertas devem exceder em relação à oferta anterior). Os participantes devem fazer ofertas, seguindo apenas as regras de oferta inicial e aumento mínimo, e o autor da maior oferta será o vencedor, devendo pagar o valor oferecido para obter o bem leiloado. Se não houver ofertas, o leilão não terá vencedor.

Existem também diversas outras formas de realizar leilões. Outra que é bastante conhecida é o Leilão de Vickrey, que ocorre de forma similar ao leilão inglês, porém o vencedor paga o valor da segunda maior oferta realizada. Uma descrição dos tipos mais conhecidos de leilões, inclusive o inglês está listada a seguir:

- Leilão inglês: é o mais comum, os participantes fazem ofertas abertas, maiores do que as anteriores. O leiloeiro pode anunciar os preços ou os participantes podem escolhê-los. O leilão termina quando ninguém mais fizer ofertas. O vendedor também pode escolher um preço de “reserva”, se o preço final não ultrapassar o de reserva o vendedor pode optar por aceitar ou não vender.
- Leilão holandês: o leiloeiro começa com um preço alto e vai diminuindo até algum participante aceitar pagar o preço.
- Primeira oferta selada: todos os participantes enviam ofertas seladas para o leiloeiro, para que apenas ele conheça todas as ofertas. A maior oferta ganha. Apenas uma oferta é permitida por participante.
- Leilão de Vickrey: também conhecido como “segunda oferta selada”, criado por William Vickrey. Funciona igual ao anterior, o vencedor é quem fizer a maior oferta, porém ele paga o valor da segunda maior oferta.
- Buyout: existe um preço de buyout, um participante pode escolher aceitar esse preço e o leilão termina. Esse preço pode ser temporário, perde a validade a partir da primeira

oferta, ou permanente, vale até o fim do leilão.

- Todos pagam: todos os participantes pagam as suas ofertas, ganhando ou não. O vencedor é quem fizer a maior oferta.
- Guerra de atrito: possui um custo para se manter jogando. Por exemplo, o participante paga por lances feitos.

3.3.1 Teoria dos Leilões

A Teoria dos Leilões é uma sub-área da Teoria dos Jogos que estuda propriedades do mercado de leilões e como as pessoas agem quando estão participando de um leilão [1].

Um leilão sempre possui um conjunto de regras, para os quais existem muitas possibilidades, mas devem satisfazer duas condições básicas: poder ser utilizado para vender qualquer item (ser universal) e seu resultado não pode depender da identidade dos participantes (ser anônimo).

Uma medição para a qualidade das regras de um leilão é a chamada eficiência. Um leilão é considerado eficiente se o bem é adquirido pelo jogador que o valoriza mais, dentre todos os jogadores.

William Vickrey, economista canadense, demonstrou que fazer um lance igual ao valor do bem é sempre uma estratégia dominante. Apesar disso, a estratégia não é a mesma para todos os participantes, porque cada jogador considera que o item leiloado possui um valor diferente.

A teoria conhecida como Teoria da Equivalência de Receitas diz que se os participantes de um leilão possuem valores independentes e são neutros ao risco, os formatos mais conhecidos de leilões geram a mesma receita esperada. Esse é um resultado clássico da Teoria dos Leilões.

Um corolário resultante da teoria acima descrita diz que a receita gerada por um leilão aumenta de acordo com o número de participantes.

3.4 Design de Mecanismos

A Teoria de Design de Mecanismos, também conhecida como Teoria dos Jogos Reversa, recebeu o Prêmio Nobel de Economia em 2007, representada por três economistas de escolas norte-americanas: Leonid Hurwicz, Eric Maskin e Roger Myerson [8] [5].

Seus conceitos permitem identificar instituições abstratas que formam uma alocação eficiente de recursos, de acordo com os interesses de diversas classes de negociadores. Algo especialmente útil em situações nas quais as preferências dos agentes não são reveladas.

O design de mecanismos mostra, por exemplo, porque um leilão representa a melhor forma de alocar bens dentro de um conjunto de compradores potenciais, sem que saibamos as reais intenções de cada um. E também mostra qual tipo de leilão é apropriado para garantir o máximo retorno esperado por parte do vendedor.

Antes da elaboração da teoria, a análise microeconômica dos mecanismos de distribuição ótima estava restrita ao desempenho dos mercados. A pergunta principal era: "Como os mercados conseguem alocar recursos de maneira eficiente?".

As respostas apareciam dentro de modelos teóricos, mas exigiam premissas com pouco apelo concreto, tal como informação perfeita, interesses privados e ausência de fatores externos. Ou seja, o equilíbrio era previsto pela teoria. Mas alcançá-lo na prática parecia muito mais difícil.

Pensando nesse obstáculo, Hurwicz procurou desenvolver o mecanismo, que simula o que há de melhor nas trocas livres. A partir daí, o objetivo científico mudou. Economistas como Hurwicz, Maskin e Myerson passaram a discutir o design de mecanismos, com base nas necessidades de grandes grupos sociais. Esse caminho levou a avanços significativos em campos antes saturados, como regulação, tributação, eleições e finanças corporativas.

Depois de elaborado o algoritmo, o economista deve considerar diferentes equilíbrios previstos pelo conjunto de soluções. Os equilíbrios podem corresponder a situações ótimas sob perspectivas diversas. Isto é, de acordo com a posição de cada classe de agentes. Como exemplo, um mesmo mecanismo pode favorecer os compradores ou chegar ao maior preço de venda.

Felizmente, a teoria agraciada com o Nobel de 2007 fornece os meios para que um plane-

gador descubra qual arranjo é preferido por determinado grupo. Dessa forma, a instituição é definida deliberadamente.

3.4.1 Escolhas Sociais

O livro *Algorithmic Game Theory*, de Noam Nisan, Tim Roughgarden, Éva Tardos e Vijay V. Vazirani [8], define que a melhor forma de observar os objetivos do design de mecanismos é através de uma escolha social.

Uma escolha social é a agregação de preferências dos diferentes participantes sobre uma decisão conjunta. Assumindo que cada participante aja racionalmente, o design de mecanismos tenta implementar a escolha social desejada pelo grupo de participantes em um jogo estratégico [11].

3.4.2 Aplicações

- Eleições: cada votante possui o seu candidato favorito, e o resultado das eleições é a escolha social daquela população.
- Mercado: cada participante da transação possui suas próprias preferências, mas o resultado também é uma escolha social: a realocação de bens e dinheiro.
- Leilões: quanto mais participantes (compradores e vendedores) em um leilão, mais próximo ele fica de um cenário perfeito de mercado. Portanto, um leilão também define uma escolha social, a identidade do vencedor.
- Política Governamental: os governantes precisam tomar decisões que afetam várias pessoas, e cada uma delas possui uma opinião diferente sobre o assunto. Mas apenas uma escolha social é tomada, e pelo governante.

4 Abordagem do Tema e Objetivos

A Inteligência Artificial é uma grande subárea da Computação, e é abordada no curso de Bacharelado em Ciência da Computação em algumas disciplinas como Inteligência Artificial e Sistemas Baseados em Conhecimento. É também um campo de estudos fortemente ligado à área de Estatística. Um exemplo disso, conforme visto nos tópicos anteriores, é o comportamento de alguns agentes inteligentes que muitas vezes é ditado por probabilidades.

Em Teoria dos Jogos com frequência são feitas, manualmente, simulações de jogos: dados n jogadores, m possíveis movimentos, qual será o conjunto de resultados possíveis e quais conjuntos de movimentos levam a cada um? Observa-se que, para n e m grandes, a simulação manual torna-se uma opção custosa e passível de erros. A Computação, em especial a área de Inteligência Artificial, fornecem ferramentas que possibilitam a modelagem desse problema e, conseqüentemente, sua automatização. Para estatísticos, que frequentemente trabalham com amostras grandes para garantir a validade dos resultados obtidos, é aparente a vantagem de automatizar as simulações. A decisão, então, de elaborar uma ferramenta modeladora e simuladora surge justamente dessa necessidade.

Mas para que simular jogos e por que utilizar um recurso complexo como os fornecidos pela Inteligência Artificial? Como foi citado no capítulo “Estudos”, um jogo é uma interação entre agentes que tomam decisões. Esse modelo se encaixa em diversas situações reais: alianças políticas, campanhas eleitorais, guerras internacionais (nas quais cada país é um “agente”).

Então, estudar “jogos” mostra-se importante quando existe um conjunto de agentes que tomam decisões e realizam ações relevantes cujo resultado pode tomar grandes proporções. Estudiosos de “Behavioral Economics” alegam que fatores sociais, emocionais e cognitivos afetam as decisões de consumidores e investidores, decisões essas que regem as oscilações de preço de mercado. Tipicamente envolve-se a psicologia e a economia clássica em uma tentativa de conhecer os limites da racionalidade desses agentes econômicos.

A partir da ideia de que seres humanos não tomam decisões puramente baseadas em racionalidade, é necessária a introdução dos recursos de Inteligência Artificial para emular esse comportamento humano e possibilitar resultados mais precisos em simulações de jogos.

Um ambiente de simulação pode colaborar para estudos em diversas áreas: Estatística, Teoria dos Jogos, Design de Mecanismos e até Psicologia e Ciências Sociais, uma vez que apresenta, de maneira clara, um conjunto de ações e um resultado (ou conjunto de resultados) que podem ou não mimetizar uma situação real conforme a eficácia da modelagem realizada.

4.1 Escolha do escopo do trabalho

Primeiramente foi considerada a ideia de uma ferramenta que simulasse a Bolsa de Valores. Porém, a dificuldade de obter informações sobre as ações e os diversos fatores que as afetam foge do escopo do curso e poderia seriamente prejudicar o resultado final, uma vez que os testes para validar a ferramenta seriam pouco confiáveis. Uma ideia secundária, mais viável, seria simular outro “jogo” que possui aplicações práticas: os leilões. Um leilão pode ser realizado sobre virtualmente qualquer objeto (desde um livro até uma concessão de estrada, por exemplo) e os fatores que afetam seu resultado são um tanto mais controláveis do que no caso da Bolsa.

4.2 Desafios do Trabalho

Alguns desses fatores que afetam o resultado de um leilão são facilmente identificáveis: o valor médio de mercado do produto leiloadado e a quantidade de recursos monetários disponíveis a cada jogador são os mais visíveis. Apesar disso, as decisões realizadas em um leilão, assim como na bolsa, são tomadas por seres humanos, que não são seres perfeitamente racionais. Muitas vezes, as decisões tomadas por um jogador não são as que garantiriam o melhor resultado possível para ele. Era aparente, desde o início do projeto, que os agentes modelados não poderiam ser perfeitamente racionais.

Além disso, quais fatores, se inseridos na modelagem, tornariam os resultados mais próximos da realidade? Desse problema surgiu a noção de agregar valor e credibilidade ao trabalho inserindo um terceiro elemento ao grupo do Bacharelado em Estatística, que possuísse conhecimentos diferentes e mais adequado para solucionar esse problema em particular.

Conectando os conhecimentos obtidos nos cursos de Estatística e Computação surgem os

dois trabalhos correlacionados: um, baseado na Computação, de elaborar uma ferramenta que gerasse resultados coerentes e passíveis de serem analisados e aproveitados; o outro, utilizando-se dessa ferramenta, de inferir noções em cima desses resultados.

5 Desenvolvimento

5.1 Visão Geral da Ferramenta

A partir da abordagem assumida acerca dos temas previamente descritos originou-se o projeto de uma ferramenta simuladora de leilões. O objetivo de alto nível principal é simular leilões compostos de participantes que sejam agentes perfeitamente racionais e leilões cujos participantes, ainda que agentes virtuais, possuam comportamento não determinístico. Os dados gerados por essas simulações devem ser apresentados de maneira prática e clara, através de gráficos que possibilitem comparações. Esses dados também devem poder ser importados para programas de ampla utilização dos Estatísticos, como o MiniTab.

O programa ainda deve ser de fácil utilização por pessoas com nenhuma experiência em programação, dado que seu público alvo não necessariamente é composto de pesquisadores da área de tecnologia. Portanto o programa deve ter uma interface que facilite a alteração de parâmetros de entrada e a visualização dos dados de saída e deve ser orientado à utilização em personal computers.

5.2 Especificações Técnicas

A ferramenta foi desenvolvida na plataforma Eclipse utilizando-se Python 2.7. A escolha da plataforma deve-se a experiências anteriores bem-sucedidas do uso da mesma. A linguagem foi escolhida por atender, ao mesmo tempo, aos paradigmas de orientação a objetos e de programação funcional, além de possuir boas bibliotecas de interface gráfica.

A interface com o usuário foi elaborada utilizando PyQt 4.8.4, uma ferramenta com muitos recursos. Além da saída gráfica, a ferramenta também gera um arquivo xls com os dados estatísticos produzidos, usando o EasyGUI e o XLWT.

5.3 Requisitos

Durante a elaboração do programa, além de implementar as funcionalidades que o próprio grupo de desenvolvedores propôs, foram levadas em consideração as necessidades do usuário final da ferramenta, os estatísticos, representados pela colega Juliana Gil que é estudante do

curso de Estatística do IME-USP.

Considera-se primeiramente que o programa será utilizado em um computador pessoal, utilizando o sistema operacional Linux ou Windows, que o programa deve ser instalado no computador do usuário, ou seja, não é orientado à web. O programa também deve ser de fácil aprendizado e fácil utilização, uma vez que deve poder ser utilizado por qualquer pessoa.

Para aumentar a confiabilidade dos dados gerados, uma mesma configuração de leilão (um mesmo conjunto de parâmetros passados pelo usuário) deve poder ser repetida n vezes, sendo que n deve ser limitado somente pelas configurações do próprio computador. Supõe-se que, no geral, o programa será usado com n da ordem de quatro a cinco casas, então o programa deve ser capaz de suportar essas requisições. O tempo de resposta também deverá ser minimizado conforme o possível, para melhorar a experiência de usuário. O programa deve suportar mudanças em sua estrutura, mais especificamente, na modelagem dos agentes inteligentes, já que essa pode mudar conforme são feitos progressos na pesquisa de desenvolvimento dos participantes para adequação de perfil. Já a configurabilidade do sistema limita-se aos parâmetros de escolha do usuário no momento do uso, não existindo a possibilidade de personalização.

A ferramenta deve apresentar uma interface gráfica, ainda que simples, para facilitar o seu uso. A interface deve ser intuitiva, permitindo que o usuário selecione, através de botões, a configuração desejada para o leilão. Não existirá pré-configuração e o usuário deverá ter liberdade para selecionar a quantidade de participantes, leilões e perfis dos participantes.

A tela descrita acima deverá ser a tela de entrada de configurações. Haverá outra tela, que será a tela de saída, na qual os dados produzidos deverão ser mostrados na forma de um gráfico. Deve existir a possibilidade de armazenar os gráficos e dados de entrada e saída em um formato que seja conveniente para facilitar a análise posterior dos dados.

Por se tratar de um sistema a ser construído do zero, não há limitações de uso de ferramentas ou linguagens, a não ser as restrições naturalmente impostas pelos próprios requisitos acima citados. Outro ponto a ser considerado é que, por ser um software livre e sem financiamento, é recomendado o uso de ferramentas open source em seu desenvolvimento.

5.4 Arquitetura e Design

Dados os objetivos autopropostos e os requisitos de implementação, o resultado do projeto é um sistema simulador de leilões que emula um Leilão Inglês, por ser este o tipo de leilão mais comum e difundido.

O sistema está dividido em três módulos: Classes, Janelas e XLS. A seguir estão descritas as abstrações desses módulos [3].

5.4.1 Classes

- **Leilao:** É responsável por armazenar os parâmetros quantitativos entrados pelo usuário. Também mantém informações sobre os participantes, histórico de lances e o valor atual do produto. Coordena o leilão organizando qual participante dará o próximo lance e qual desistirá, baseado em atributos do participante.
- **ParametrosUsuario:** Recebe as informações passadas pelo usuário.
- **Participante:** Responsável por gerar os valores dos lances para todos os perfis de usuário.

5.4.2 Janelas

- **JanelaPrincipal:** Todas as classes do pacote janelas contém o código que gera a interface e também o código de controle para processar corretamente os dados entrados pelo usuário. A JanelaPrincipal é a interface inicial com menu de opções para o usuário.
- **JanelaDeParametros:** Interface de entrada de parâmetros do usuário.
- **JanelaDeResultados:** Interface de visualização do gráfico e do histórico de lances gerados pelo leilão.

5.4.3 XLS

Essa classe é responsável pela geração de um arquivo compatível com programas de análise estatística e que contenha os dados gerados pelo uso da ferramenta.

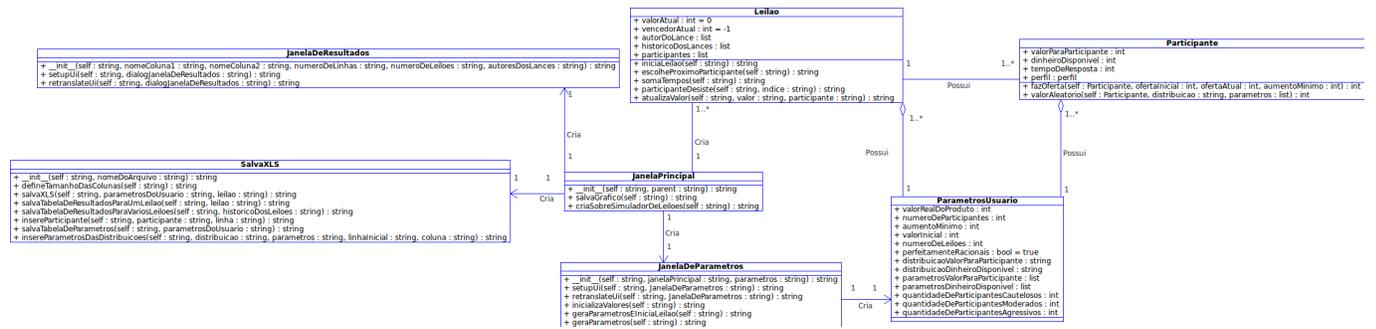


Figura 1: Diagrama de Classes

5.5 Fluxo de Dados

O usuário deve entrar com uma série de parâmetros para realizar o leilão (para uma referência do que é cada parâmetro, consulte o Manual do Usuário), dando início ao processo.

Inicialmente, a janela de parâmetros cria uma instância da classe ParametrosUsuario com os dados entrados pelo usuário. Então esse objeto é repassado para a janela principal, que instancia um objeto da classe leilão com esses parâmetros. O objeto leilão irá guardar o número de participantes, aumento mínimo e valor inicial do produto. Também irá criar os participantes de acordo com as seleções de perfil.

Cada objeto participante receberá do objeto leilão o ParametrosUsuario e qual perfil ele deverá obedecer. O participante então sorteará a sua quantidade de dinheiro e valor pessoal do produto (de acordo com a distribuição apontada em ParametrosUsuario). Com essa etapa cumprida, o objeto da classe ParametrosUsuario é descartado.

O objeto leilão então irá determinar quem dará o lance, baseado em uma variável do participante chamada tempoDeResposta. O participante escolhido receberá uma solicitação do leilão para fazer a sua oferta, que então será calculada de acordo com o perfil e com as distribuições determinadas pelo usuário. O participante mandará de volta sua oferta ou o valor false, caso seus cálculos determinem que seja melhor desistir do leilão.

O processo descrito acima continua até restar somente um participante no leilão, que será considerado seu vencedor. O leilão então envia para a janela principal os dados finais, que irá plotar os dados e exibir o resultado.

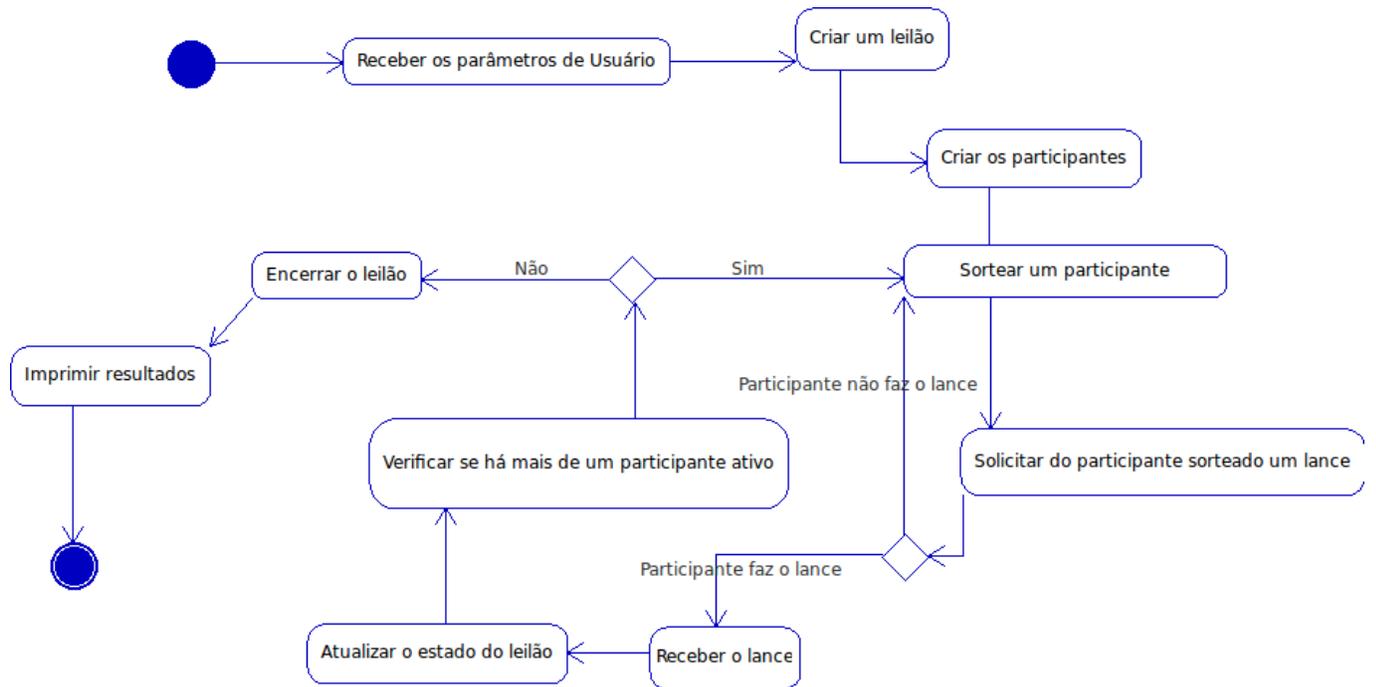


Figura 2: Diagrama de Atividades

5.6 Testes

Para averiguar o cumprimento dos requisitos funcionais especificados acima foram feitos testes de unidade. O test script encontra-se em uma pasta dentro do projeto, chamada “teste”. Existem três classes de teste: testes de leilão, testes de participante e testes de XLS. Os testes de leilão averiguan se os lances efetuados realmente são crescentes, se o participante a efetuar o lance é o que possui o maior tempo de resposta, se o valor final do produto corresponde ao maior lance, se todos os participantes ativos possuem a oportunidade de dar um lance e se os participantes inativos realmente não dão lances.

A classe de testes para participantes verifica se ocorre a geração de valores de acordo com a distribuição selecionada, se cada perfil de participante obedece à sua modelagem de lance, se os lances aumentam, se o participante desiste quando está inapto para competir. Os testes xls simplesmente testam se os dados são guardados corretamente.

Runs: 36 / 36 0

Finished in: 0.03 secs.

Result	Test	File	Time (s)

Figura 3: Log dos testes de leilão e participante

Runs: 3 / 3 0

Finished in: 0.09 secs.

Result	Test	File	Time (s)

Figura 4: Log dos testes XLS

6 A modelagem dos participantes

6.1 Decisões acerca da modelagem

Para cumprir o requisito de que houvesse a opção dos participantes do leilão serem ou perfeitamente racionais ou não determinísticos, foram modelados quatro perfis diferentes de participante: perfeitamente racional, cauteloso, moderado e agressivo.

O perfil perfeitamente racional serve de base comparativa para os resultados. Propõe-se que este perfil avalie que a aquisição do produto só é compensadora pagando-se o mínimo possível, dentro de sua disposição, por ele.

Os perfis cauteloso, moderado e agressivo são complementares e são abstrações rudimentares de perfis humanos, modelados matematicamente para mimetizar comportamentos gerais. Considerando o leilão um jogo estratégico, pode-se considerar que os jogadores (participantes) são antagônicos e que as decisões são tomadas isoladamente, ou seja, um jogador não sabe qual será o próximo movimento do outro, só avalia o preço atual do produto sendo leiloadado e reage a esse fator. O retorno (ou recompensa) obtido por cada jogador é calculado através da relação entre a quantia gasta e o valor real do produto adquirido.

A partir dessas ideias, o que delimitou os perfis não-determinísticos foi a noção de valorização da recompensa obtida, ou seja, o ponto de equilíbrio entre o gasto monetário e a valorização do produto adquirido, que é diferente para cada perfil. O perfil denominado agressivo, então, atua seguindo a avaliação de que é importante vencer, mesmo à custa de todo seu dinheiro; o perfil cauteloso, por sua vez, considera que o produto só vale até certo ponto o seu gasto; o perfil moderado situa-se no meio termo, para equilíbrio, apresentando-se um pouco mais disposto do que o cauteloso.

6.2 Como é calculado um lance?

O que realmente diferencia os perfis de participante é o método de cálculo do lance. Cada modelo foi construído empiricamente, com base no ponto de equilíbrio entre gasto e ganho mencionado anteriormente. Todos os perfis possuem em comum os atributos que descrevem seu “dinheiro disponível”, “valor pessoal do produto” e “tempo de resposta”. Os

dois primeiros são valores aleatoriamente obtidos de distribuições selecionadas pelo usuário, sendo que o valor é único para cada participante. O último é um sorteio de 1 a 10, sendo que 10 representa maior interesse em dar um lance. Especificidades acerca do cálculo do lance para cada perfil estão descritas a seguir.

6.2.1 Perfeitamente Racional

```
def ofertaPerfeitamenteRacional(self, ofertaInicial, ofertaAtual,
    aumentoMinimo):
    if ofertaInicial > ofertaAtual:
        oferta = ofertaInicial
    else:
        oferta = ofertaAtual + aumentoMinimo

    if (oferta < self.valorParaParticipante and oferta <
self.dinheiroDisponivel):
        return oferta
    else:
        return False
```

Por esse trecho de código observa-se que o participante só dá lances (“oferta”) mínimos ($ofertaAtual + aumentoMinimo$ é valor atualmente sendo oferecido pelo produto, por outro participante, somado do aumento mínimo definido pelo usuário), e somente se o valor de oferta por ele calculado for menor do que o que ele considera que vale o produto e menor do que seu dinheiro disponível.

6.2.2 Cauteloso

O lance padrão do perfil cauteloso é composto pela oferta atual e por um valor aleatório de uma distribuição normal com média $ofertaAtual + aumentoMinimo$ e desvio padrão sendo um quarto da média. Caso esse valor aleatório seja menor do que o $ofertaAtual + aumentoMinimo$, o valor é ajustado. Caso a oferta atual ultrapasse 0,75 do que o participante considera que seja o valor do produto, o participante só aumenta o mínimo. O lance é cancelado se o valor de oferta por ele calculado for maior do que o que ele considera que vale o produto ou maior do que seu dinheiro disponível.

```

def ofertaParaPerfilCauteloso(self, ofertaInicial, ofertaAtual,
aumentoMinimo):
    if ofertaInicial > ofertaAtual:
        oferta = ofertaInicial
    elif ofertaAtual > .75 * self.valorParaParticipante:
        oferta = ofertaAtual + aumentoMinimo

    else:
        aleatorio = self.valorAleatorio("normal", [aumentoMinimo,
aumentoMinimo / 4])

        if aleatorio < aumentoMinimo:
            oferta = aumentoMinimo + (aumentoMinimo - aleatorio)
        else:
            oferta = aleatorio

        oferta += ofertaAtual

    if oferta > self.dinheiroDisponivel or oferta >
self.valorParaParticipante:
        return False
    else:
        return oferta

```

6.2.3 Moderado

```

def ofertaParaPerfilModerado(self, ofertaInicial, ofertaAtual,
aumentoMinimo):
    if ofertaInicial > ofertaAtual:
        oferta = ofertaInicial
    else:
        aleatorio = -1
        while aleatorio < aumentoMinimo:
            aleatorio = self.valorAleatorio("normal", [1.5 *
aumentoMinimo, .5 * aumentoMinimo])

        oferta = ofertaAtual + aleatorio

    if oferta > self.dinheiroDisponivel or oferta >
self.valorParaParticipante:
        return False
    else:
        return oferta

```

A oferta do perfil moderado é estritamente maior do que o lance mínimo, sendo composto por oferta atual acrescido de um valor aleatório de uma distribuição normal com média de um aumento mínimo e meio, e desvio padrão de meio aumento mínimo. As condições para desistência do leilão são as mesmas dos perfis anteriores.

6.2.4 Agressivo

```
def ofertaParaPerfilAgressivo(self, ofertaInicial, ofertaAtual,
    aumentoMinimo):
    if ofertaInicial > ofertaAtual:
        oferta = ofertaInicial
    elif ofertaAtual > .75 * self.valorParaParticipante:
        oferta = self.valorParaParticipante
        if oferta > self.dinheiroDisponivel:
            oferta = self.dinheiroDisponivel

        if oferta < ofertaAtual + aumentoMinimo:
            return False
    else:
        aleatorio = -1
        while aleatorio < aumentoMinimo:
            aleatorio = self.valorAleatorio("normal", [2 * aumentoMinimo,
                .5 * aumentoMinimo])

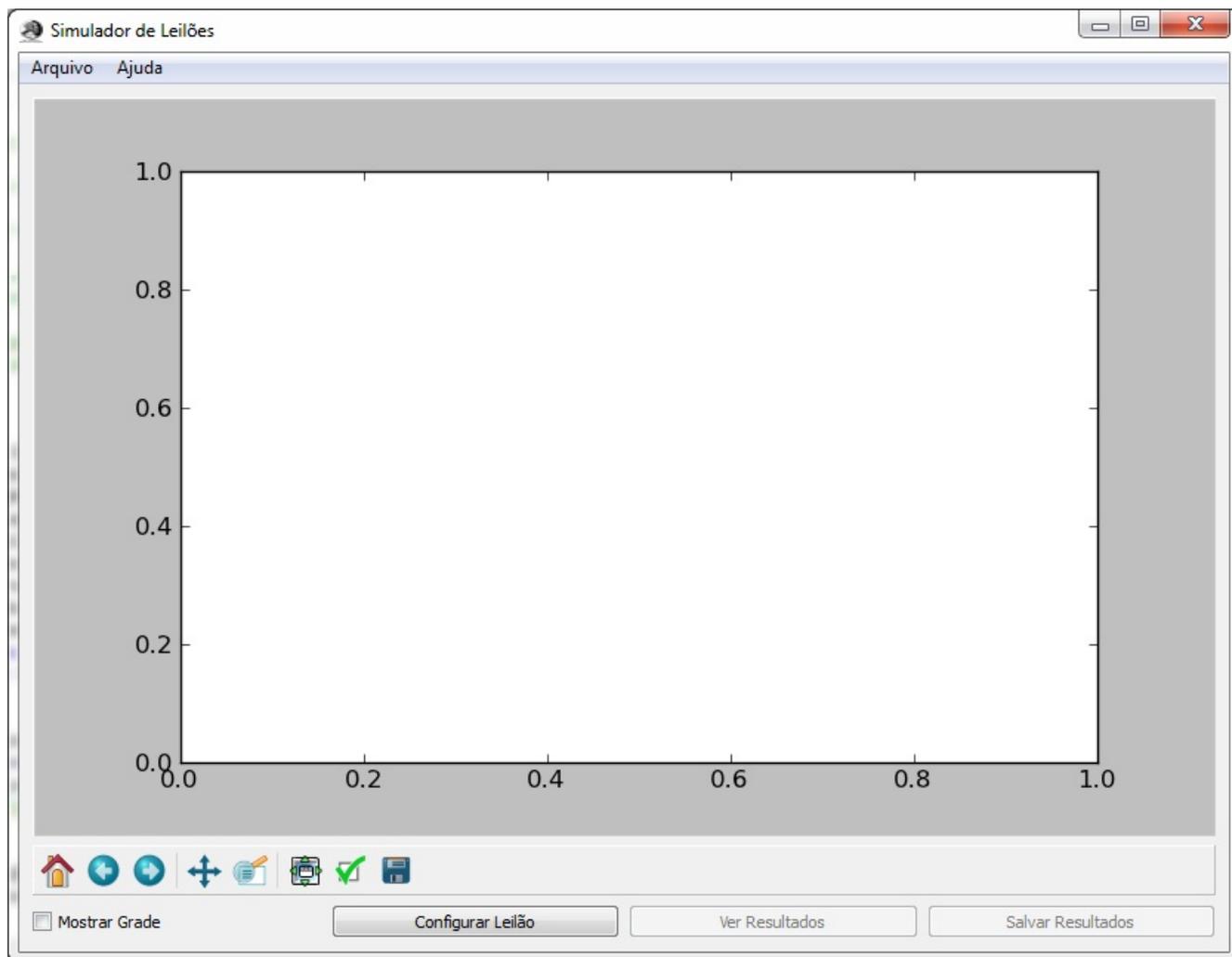
        oferta = ofertaAtual + aleatorio

    if oferta > self.dinheiroDisponivel or oferta >
self.valorParaParticipante:
        return False
    else:
        return oferta
```

A oferta do perfil agressivo é estritamente maior do que lance mínimo, sendo composto por oferta atual acrescido de um valor aleatório de uma distribuição normal com média de dois aumento mínimos, e desvio padrão de meio aumento mínimo. As condições para desistência do leilão são as mesmas dos perfis anteriores, porém existe uma diferença: se o valor atual do produto supera 0,75 do valor pessoal do produto (para o participante), o agressivo dá um lance que equivale a todo o seu dinheiro disponível, o que indica sua disposição, em termos de gastos, para adquirir o produto.

7 Manual do Usuário

Ao iniciar o aplicativo “Simulador de Leilões”, a janela representada abaixo será aberta.



Para simular um leilão deve-se clicar no botão "Configurar Leilão", e a janela abaixo abrirá. Nela deve-se configurar o leilão a ser simulado com os parâmetros desejados.

The screenshot shows a software window titled "Parâmetros do Leilão". It contains four columns of settings. The first column, "Principal", has five input fields with values: 500, 10, 100, 25, and 1. The second column, "Distribuição do Valor para Participantes", has radio buttons for "Normal" (selected), "Unifome", and "Gamma", and input fields for "Média" (500), "Variância" (100), "Alfa", "Beta", and "Valor". The third column, "Distribuição do Dinheiro Disponível", has radio buttons for "Normal" (selected), "Unifome", and "Gamma", and input fields for "Média" (500), "Variância" (200), "Alfa", "Beta", and "Valor". The fourth column, "Perfis", has a "Perfeitamente Racionais?" checkbox (selected "Sim") and three input fields for "Cautelosos", "Moderados", and "Agressivos". A "Confirma" button is at the bottom.

Os parâmetros estão separados em quatro grupos: configurações principais, distribuição do valor para participante, distribuição do dinheiro disponível dos participantes e definição dos perfis.

7.1 Descrição dos Parâmetros

Configurações Principais:

- Valor Real do Produto: Indica um valor base para o produto a ser leilado, um valor de mercado.
- Número de Participantes: Quantidade de pessoas que participarão do leilão pelo produto.
- Valor Inicial: é o valor mínimo para as propostas no leilão. Todos os lances feitos devem ser maiores ou iguais a esse valor.

- **Aumento Mínimo:** Indica em quanto uma proposta feita deve superar a sua antecedente. Cada proposta deve superar a maior feita até o momento em, pelo menos, esse valor.
- **Quantidade de Leilões:** Quantidade de simulações a serem feitas com esses parâmetros. Se for apenas um, o resultado será um gráfico das propostas feitas, mas se forem dois ou mais, o resultado será um histograma dos preços finais do produto em cada um dos leilões.

7.1.1 Distribuição do Valor para Participante

O valor para participante indica quanto o produto vale para cada participante. Apesar de existir um "valor real", cada uma das pessoas presentes no leilão devido a outras influências, como, por exemplo, valor sentimental. Esse valor é sorteado pelo sistema, mas segue uma distribuição definida pelo usuário, podendo ser:

- **Normal:** O usuário deve escolher os valores de média e variância da distribuição.
- **Uniforme:** O usuário deve escolher os valores de início e fim da distribuição.
- **Gamma:** O usuário deve escolher os valores de alfa e beta da distribuição.
- **Fixo:** O usuário deve escolher um valor que é fixo para todos os participantes, não havendo sorteio.

7.1.2 Distribuição do Dinheiro Disponível

Similar à Distribuição do Valor para Participante, porém é sorteado a quantidade de dinheiro disponível para cada participante. Esse parâmetro possui as mesmas possibilidades de distribuições, sendo elas: normal, uniforme, gamma e fixo.

7.1.3 Definição dos Perfis

Para cada leilão é possível escolher dois tipos de participantes: perfeitamente racionais ou perfis diferentes. Nesse grupo deve-se escolher os seguintes parâmetros:

- Perfeitamente Racionais? Ao escolher "sim" os participantes do serão perfeitamente racionais, se a opção escolhida for "não" os participantes possuirão perfis diferentes e deve-se selecionar a quantidade de cada um deles. Ao selecionar um leilão com perfis diferentes, é obrigatório escolher a quantidade de cada perfil no leilão, sendo desabilitada a opção "Número de Participantes", o que é mostrado na figura abaixo.

- Cautelosos: Indica a quantidade de participantes cautelosos no leilão. Os cautelosos fazem propostas menores do que os outros participantes, em média, e tentam gastar o mínimo possível para levar o produto.
- Agressivos: Indica a quantidade de participantes agressivos no leilão. Os agressivos fazem propostas maiores do que os outros participantes, em média. Além disso, tentam aumentar rapidamente o valor do produto, fazendo com que os outros participantes desistam.
- Moderados: Indica a quantidade de participantes moderados no leilão. Os moderados fazem propostas próximas da média de todos os participantes. Estão entre os

participantes cauteloso e agressivo.

7.2 Resultados

Quando é simulado apenas um leilão com participantes perfeitamente racionais, um gráfico é mostrado com os lances feitos na ordem em que foram realizados (representado na tela 4). Ao pressionar o botão "Ver Resultados", é mostrada uma tabela com os lances feitos e qual participante o fez (tela 5).

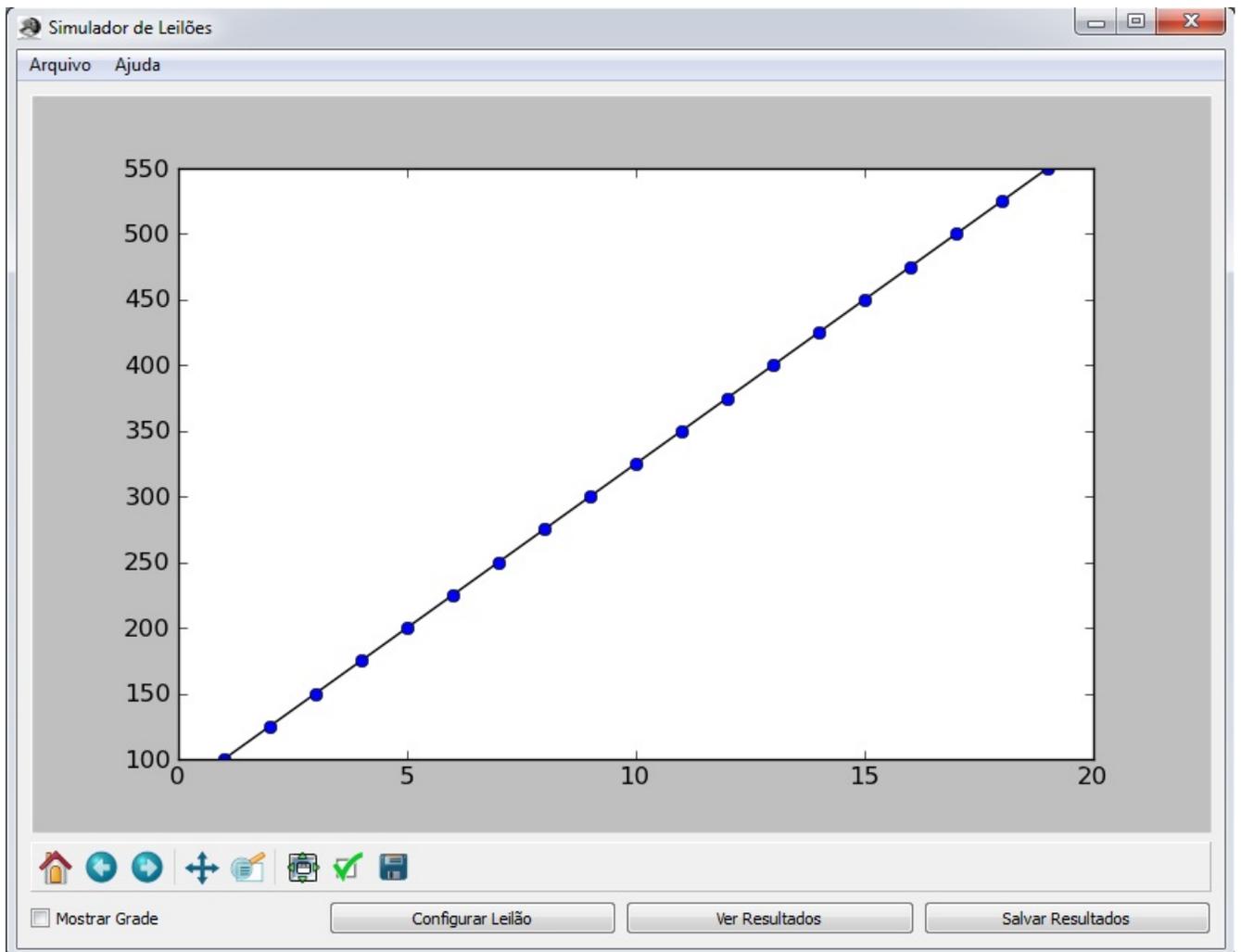
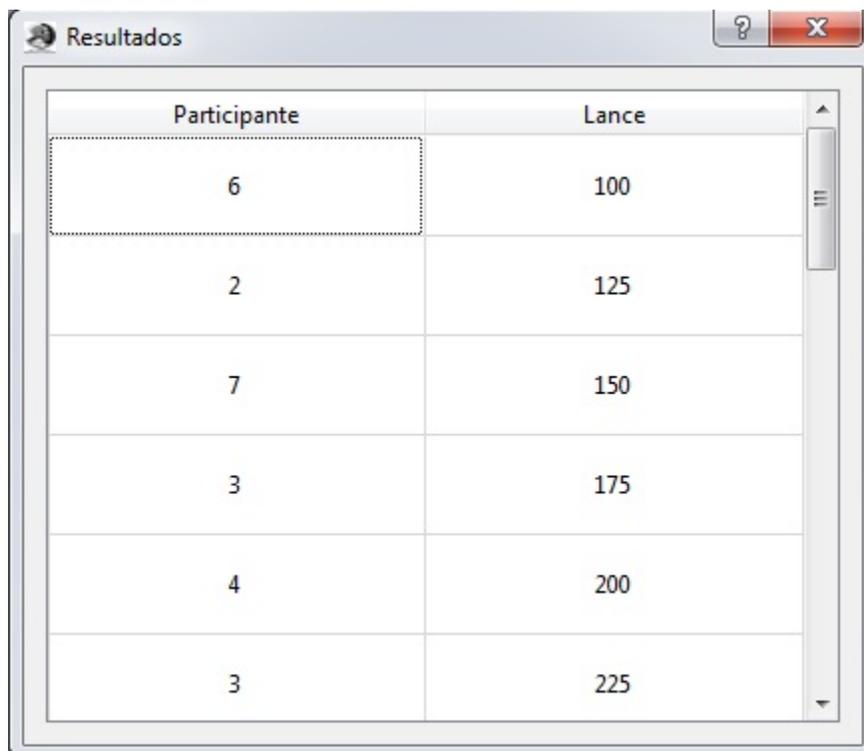


Figura 5: tela 4



Participante	Lance
6	100
2	125
7	150
3	175
4	200
3	225

Figura 6: tela 5

Ao simular vários leilão (dois ou mais), um histograma será desenhado com os resultados finais de cada leilão (representado na tela 6). Ao pressionar o botão "Ver Resultados", temos a tabela com o valor final de cada leilão realizado (tela 7).

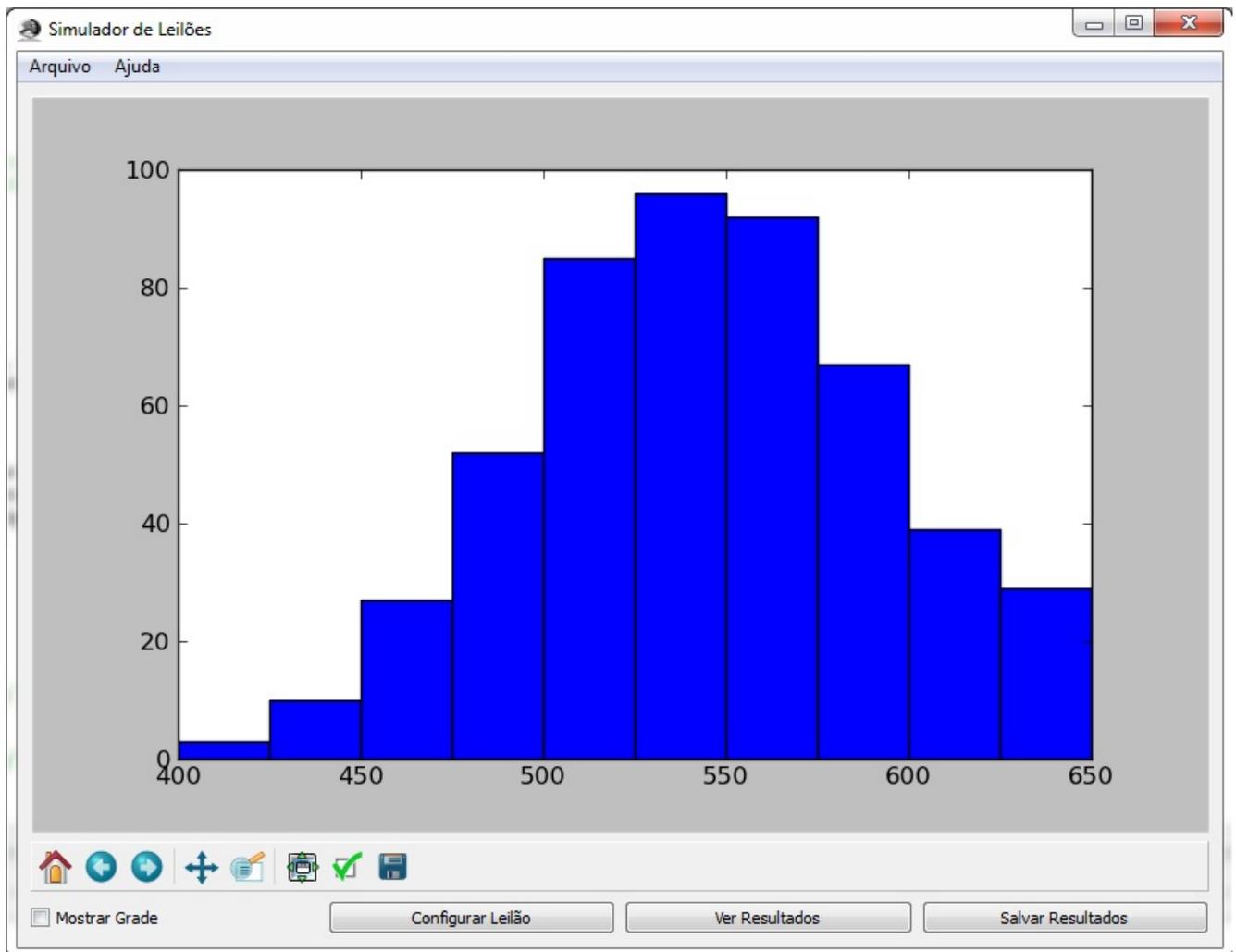
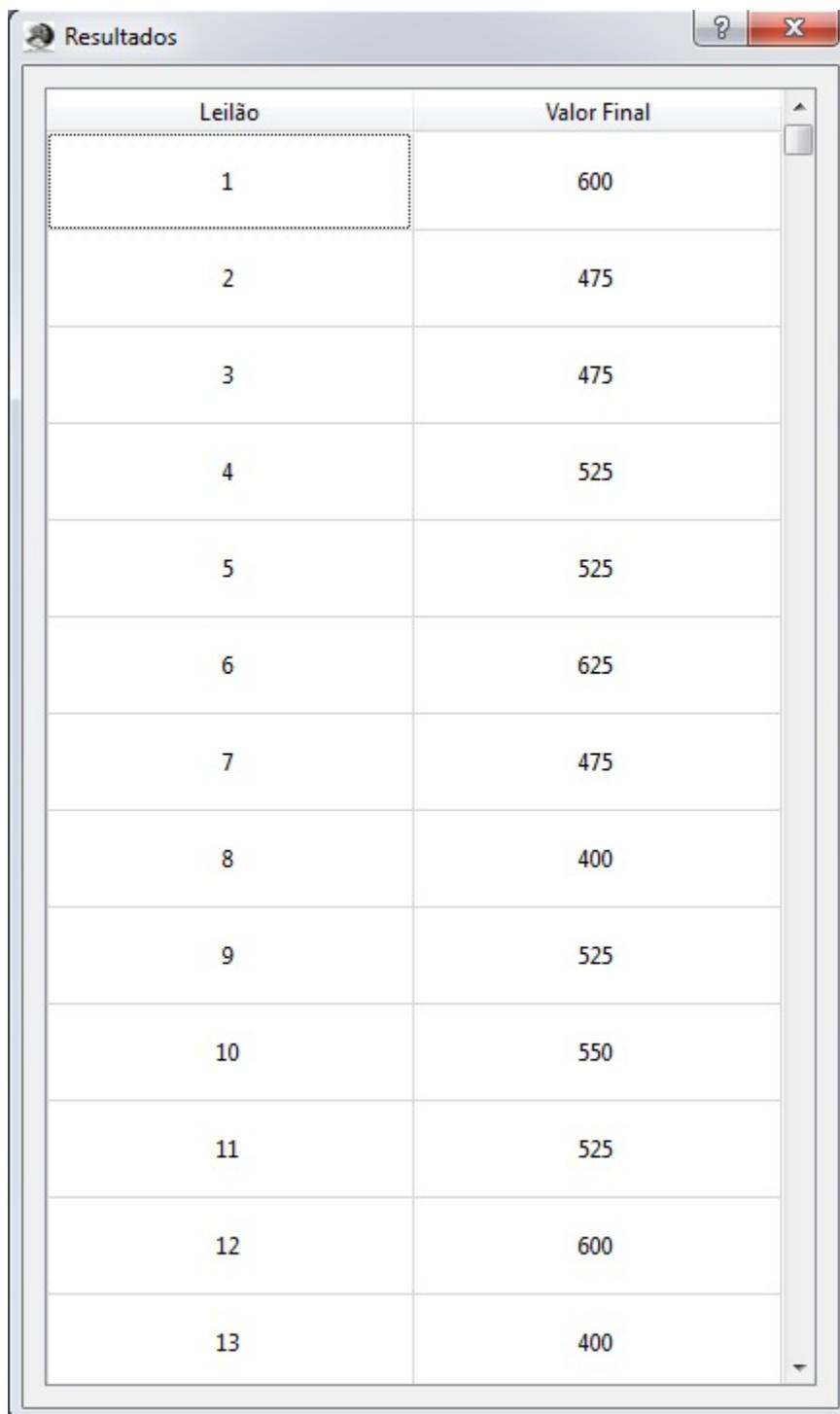


Figura 7: tela 6



Leilão	Valor Final
1	600
2	475
3	475
4	525
5	525
6	625
7	475
8	400
9	525
10	550
11	525
12	600
13	400

Figura 8: tela 7

Outra forma de simular leilões é com perfis diferentes, não perfeitamente racionais. Nesse

caso, gráfico resultante e a tabela de resultados também são mostrados (telas 8 e 9, respectivamente).

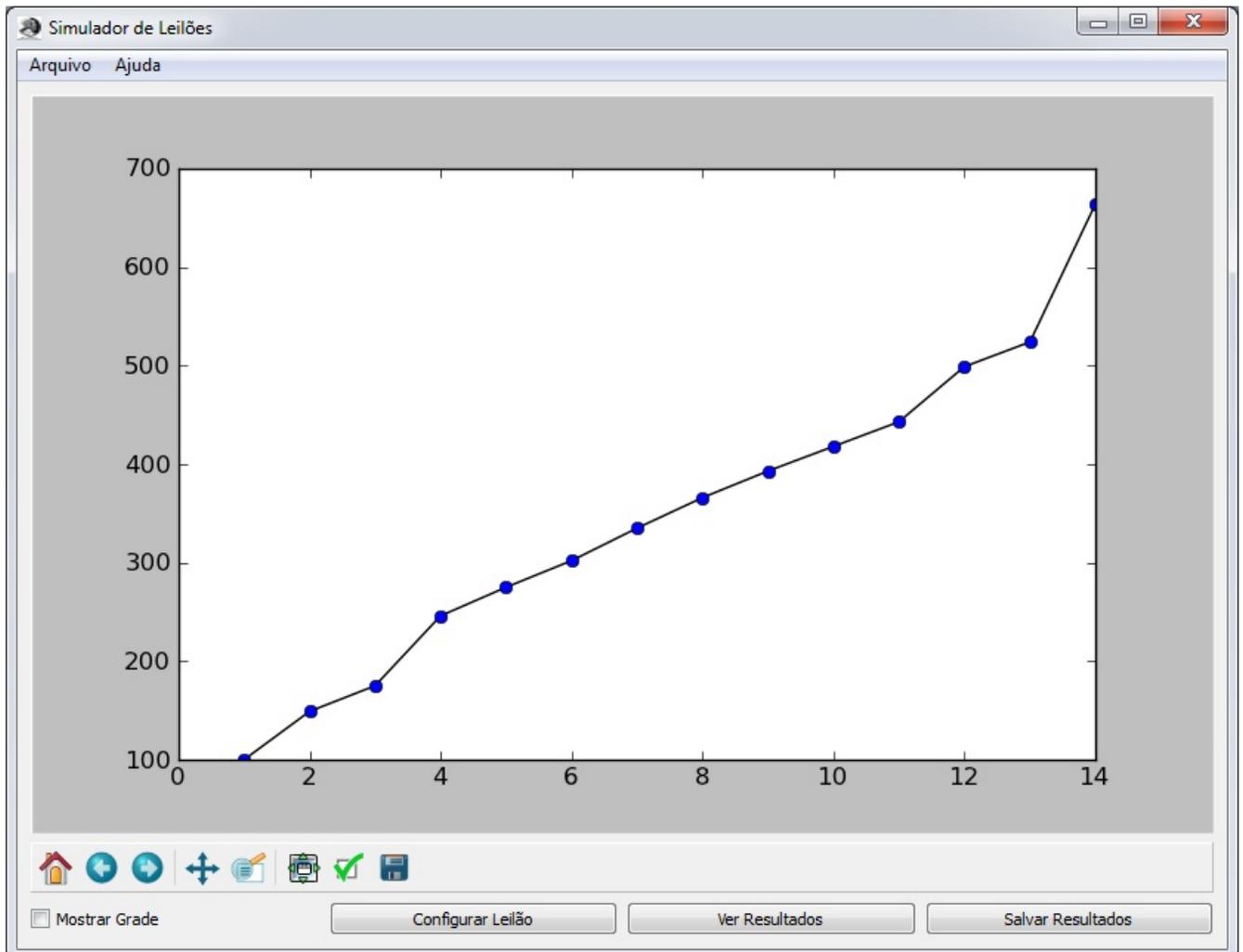


Figura 9: tela 8



The image shows a screenshot of a software window titled "Resultados". The window contains a table with two columns: "Participante" and "Lance". The table lists 15 rows of data. The first row is highlighted with a dotted border. The data in the table is as follows:

Participante	Lance
3	100
6	149
3	175
10	246
1	275
2	302
7	335
1	366
3	393
1	418
3	443
10	499
3	524
10	664

Figura 10: tela 9

Quando os leilões já foram simulados e o gráfico desenhados, novas opções de mani-

pulação. São as seguintes:

- Indicador de Posição: Ao mover o ícone do mouse pelo gráfico é possível verificar a posição em que ele está (indicado na parte inferior direita da tela 10).
- Mostrar Grade: Coloca uma grade no gráfico (ver tela 10).

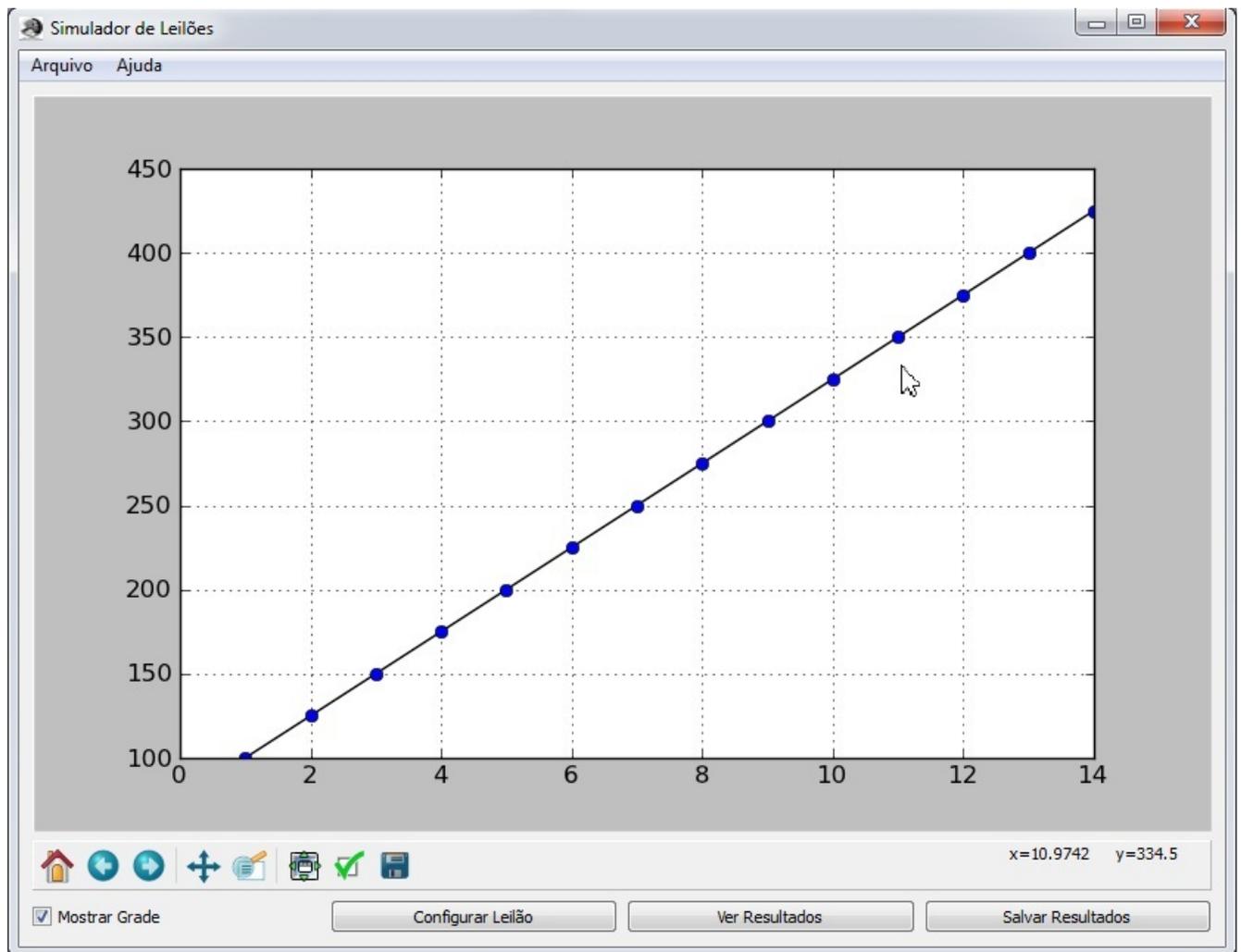


Figura 11: tela 10

- Ver Resultados: Mostra uma tabela com os lances realizados, quando apenas um leilão é simulado, ou mostra o resultado de todos os leilões, quando existe mais de uma simulação.

- Salvar Resultados: Salva os parâmetros selecionados e os resultados das simulações em um arquivo com extensão xls selecionado pelo usuário.



1. Retornar à Posição Original: Faz o gráfico retornar à posição que foi criado, desfazendo as mudanças.
2. Anterior: Volta um passo na edição do gráfico.
3. Próximo: Avança um passo na edição do gráfico.
4. Deslocar: Arrasta o gráfico para qualquer direção (resultado na tela 11).

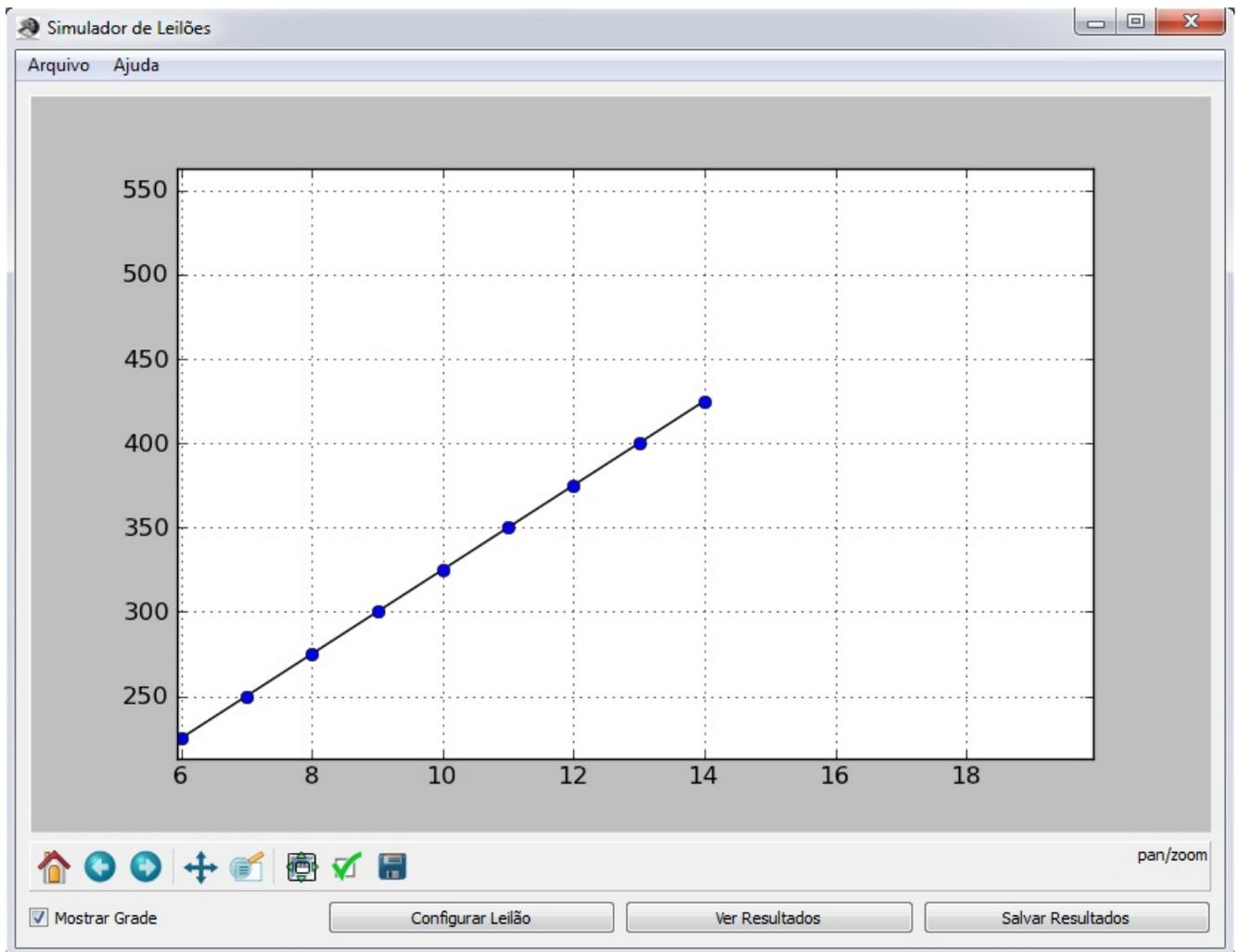


Figura 12: tela 11

5. Zoom: Dá um zoom na área selecionada (área selecionada na tela 12 e resultado do zoom na tela 13).

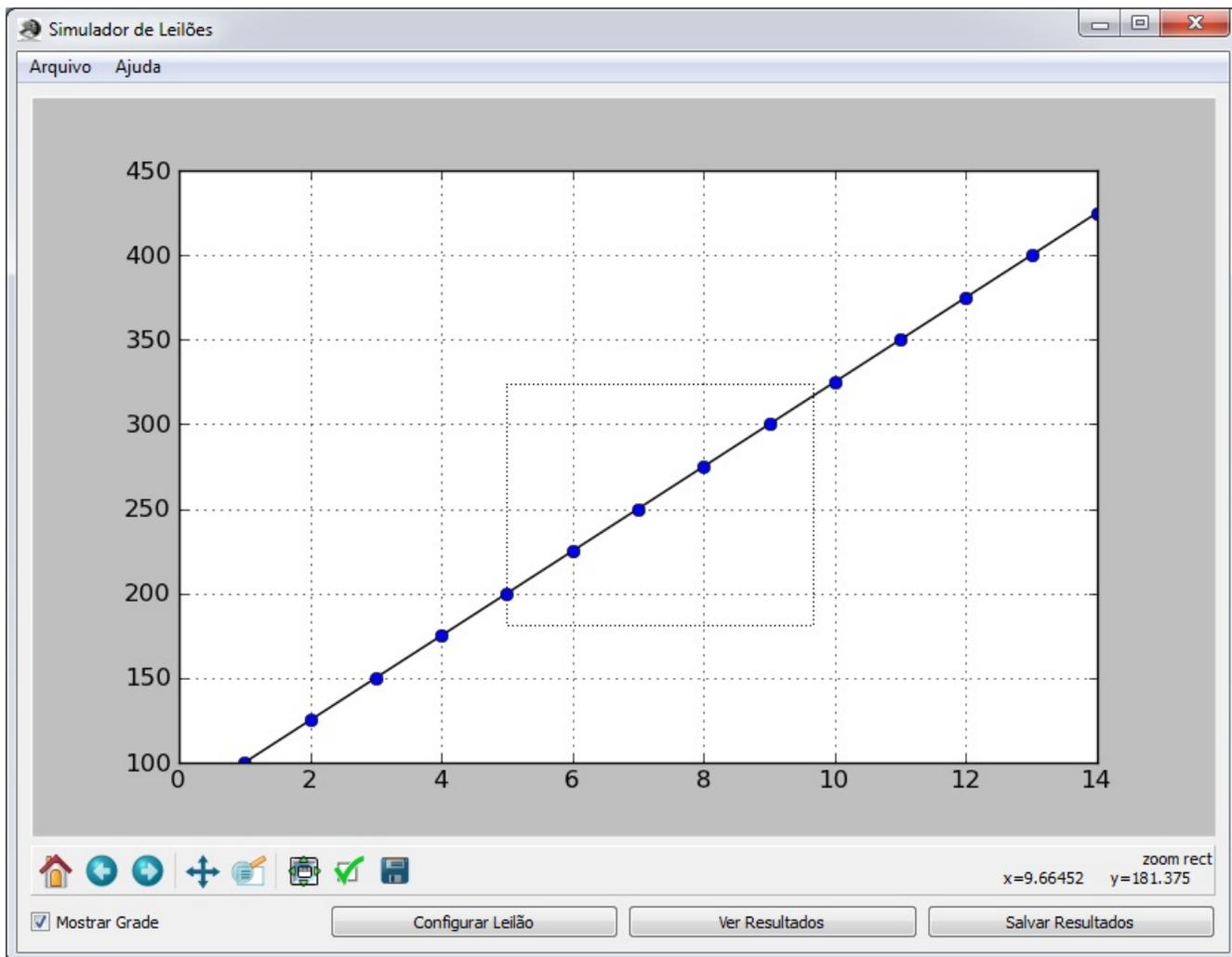


Figura 13: tela 12

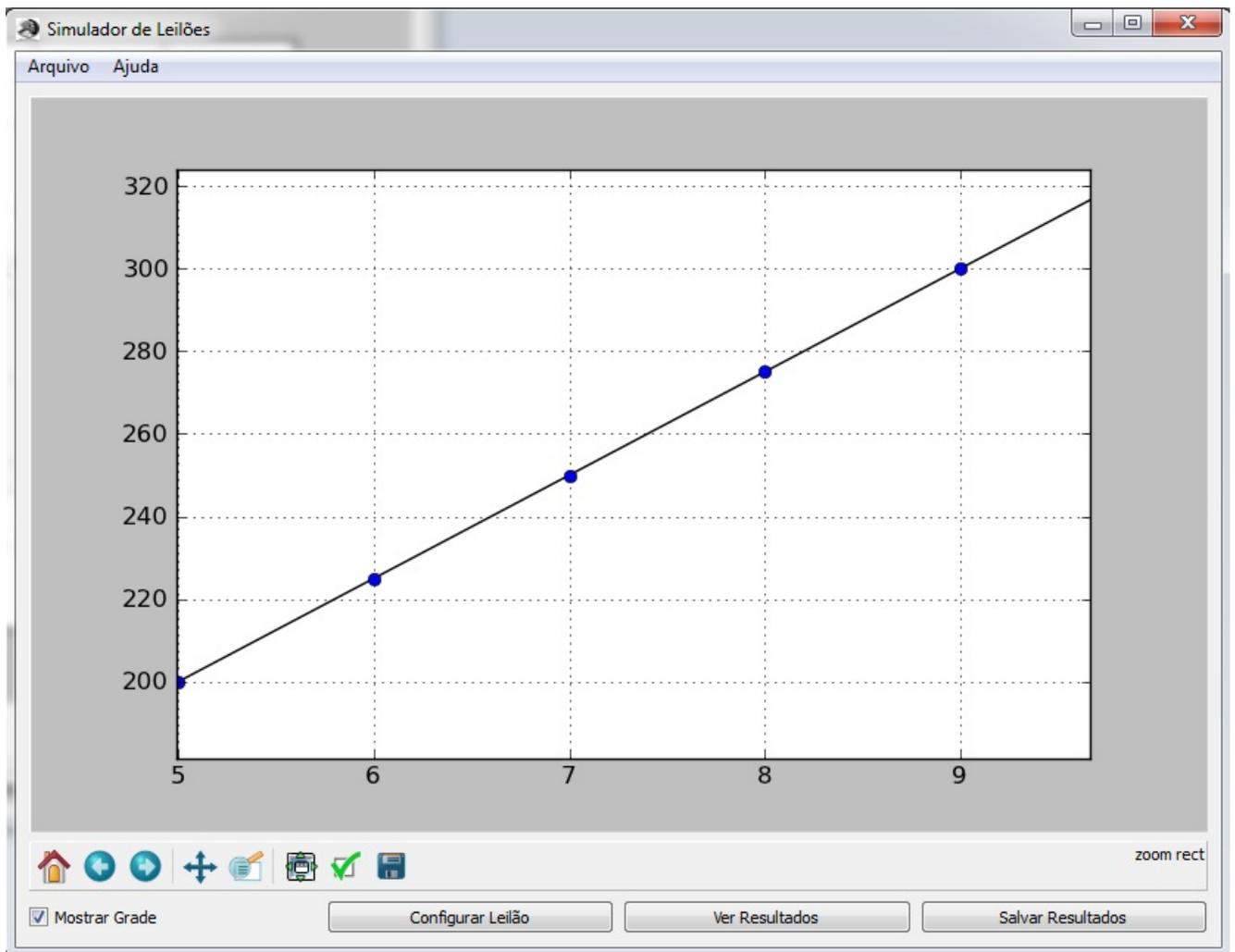


Figura 14: tela 13

6. Configurar Área do Gráfico: Permite alterar a área onde o gráfico é desenhado, como por exemplo o tamanho das coordenadas x e y.
7. Configurar Curva: Permite alterar as configurações da curva do gráfico.
8. Salvar: Salva a figura do gráfico em arquivo com extensão png ou pdf.

8 Validação da Modelagem e Resultados

A modelagem do sistema foi criada apenas pelo conhecimento adquirido pelos desenvolvedores sobre o comportamento de pessoas em leilões através dos estudos realizados. Isso, porém, não é suficiente para comprovar que a ferramenta funciona e realiza simulações adequadas.

Para validar completamente o sistema seriam necessárias pesquisas com leilões reais, o que foge do escopo desse trabalho.

Uma alternativa válida é comprovar que os resultados obtidos por pesquisas anteriores sobre o comportamento de pessoas em leilões também ocorre no simulador desenvolvido. São três importantes resultados fornecidos pela Teoria dos Leilões (ver capítulo Estudos):

- Teoria da Equivalência de Receitas: todos os tipos leilões geram a mesma receita esperada.
- Um leilão é considerado eficiente se o jogador que mais valoriza o produto é o vencedor.
- O resultado de um leilão eficiente é um Equilíbrio de Nash.
- A receita esperada de um leilão cresce de acordo com o número de participantes.

Sobre a modelagem adotada, temos: A Teoria de Equivalência de Receitas não se aplica à ferramenta desenvolvida, pois apenas um tipo de leilão é implementado.

Considerando o caso em que todos os participantes possuem a mesma quantidade de dinheiro, pela implementação feita, o vencedor será aquele que valorizar mais o produto leiloado.

O vencedor não será o jogador que mais valoriza o produto apenas no caso em que ele tiver dinheiro suficiente. Sendo assim, o leilão pode ser considerado eficiente.

Modelando a função de retorno da seguinte forma: $R_i(\text{proposta}) = \min(\text{dinheiroDisponivel}, \text{valorParaParticipante}) - \text{proposta} + 1$, se o jogador i possui a maior oferta e $R_i(\text{proposta}) = 0$, caso contrário.

Assim, se a proposta não exceder o dinheiro disponível ou quanto o produto vale para o participante, seu retorno será positivo. Cada participante autor de uma proposta não ganhadora possui retorno nulo.

Pela implementação do sistema, os participantes nunca ultrapassam nenhum desses valores e só desistem quando precisariam ultrapassá-los para fazer uma nova oferta. Assim, apenas o vencedor do leilão possui retorno positivo e os outros possuem retorno nulo e esse retorno seria negativo se eles fizessem uma nova proposta. Portanto, temos um Equilíbrio de Nash quando o leilão é finalizado.

Foram realizados testes com dois mil leilões para cada número diferente de participantes e foram obtidos os seguintes resultados:

- Dez participantes perfeitamente racionais

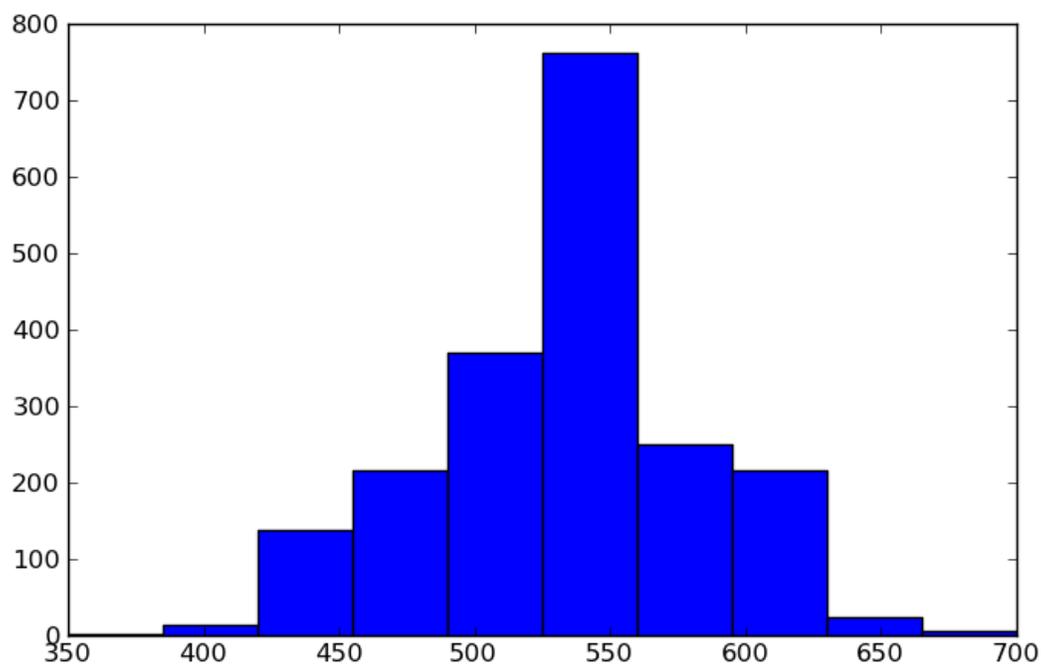


Figura 15: Média 530

- Dez participantes com perfis diferentes

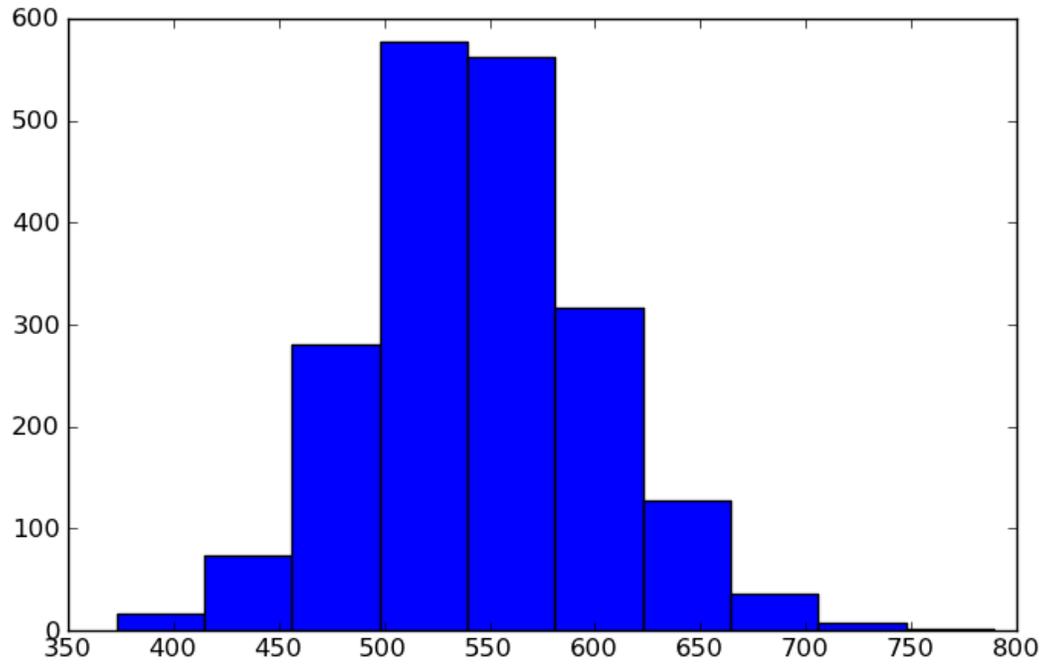


Figura 16: Média 545

- Vinte participantes perfeitamente racionais

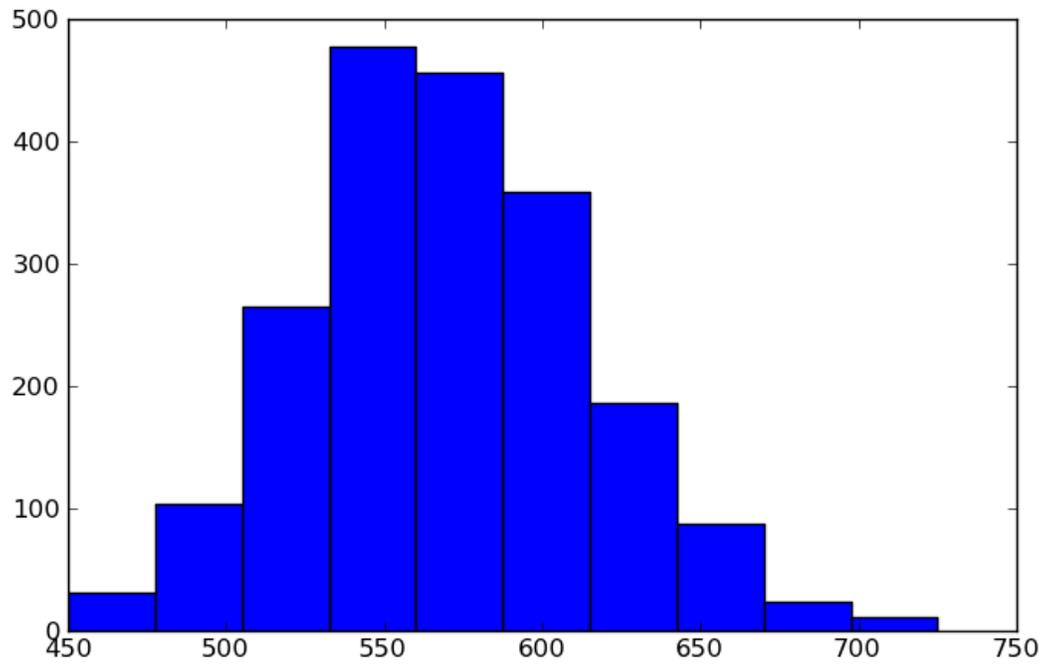


Figura 17: Média 571

- Vinte participantes com perfis diferentes

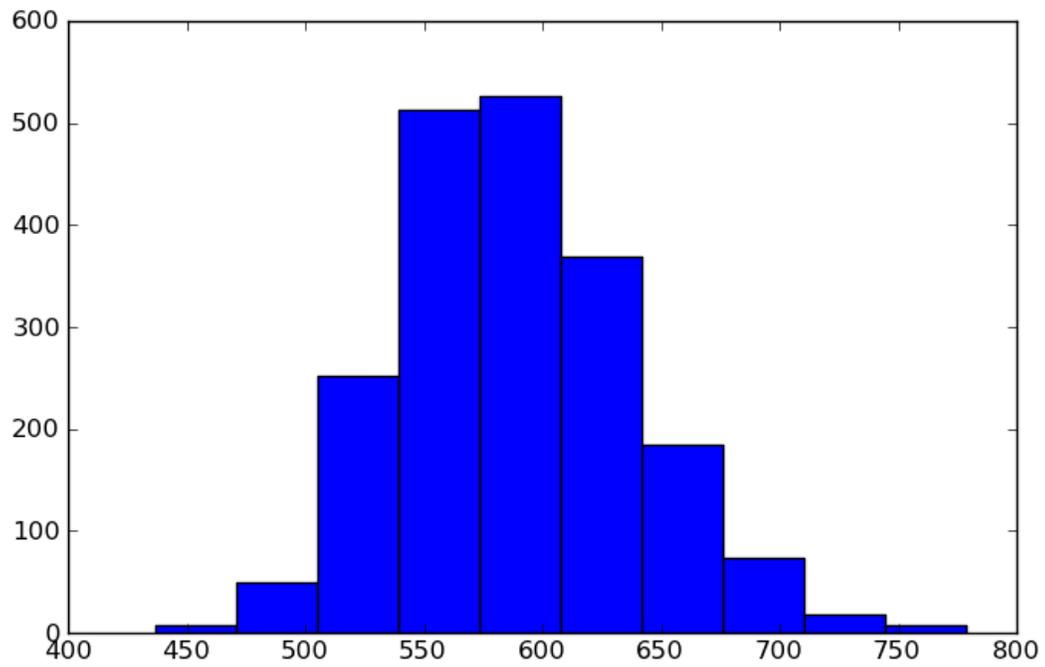


Figura 18: Média 588

- Cinquenta participantes perfeitamente racionais

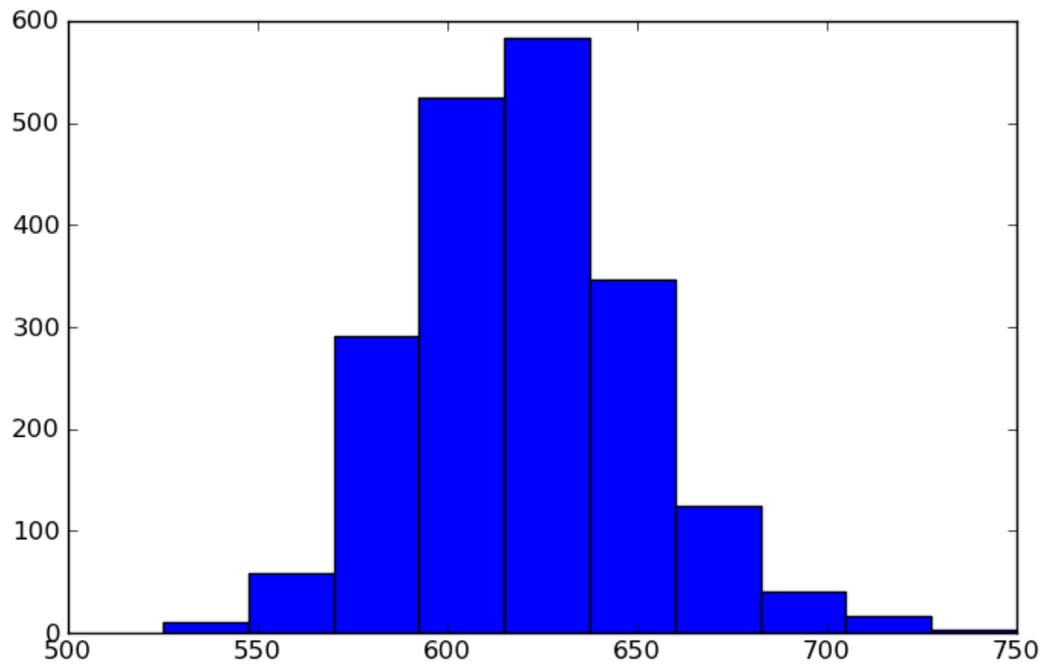


Figura 19: Média 618

- Cinquenta participantes com perfis diferentes

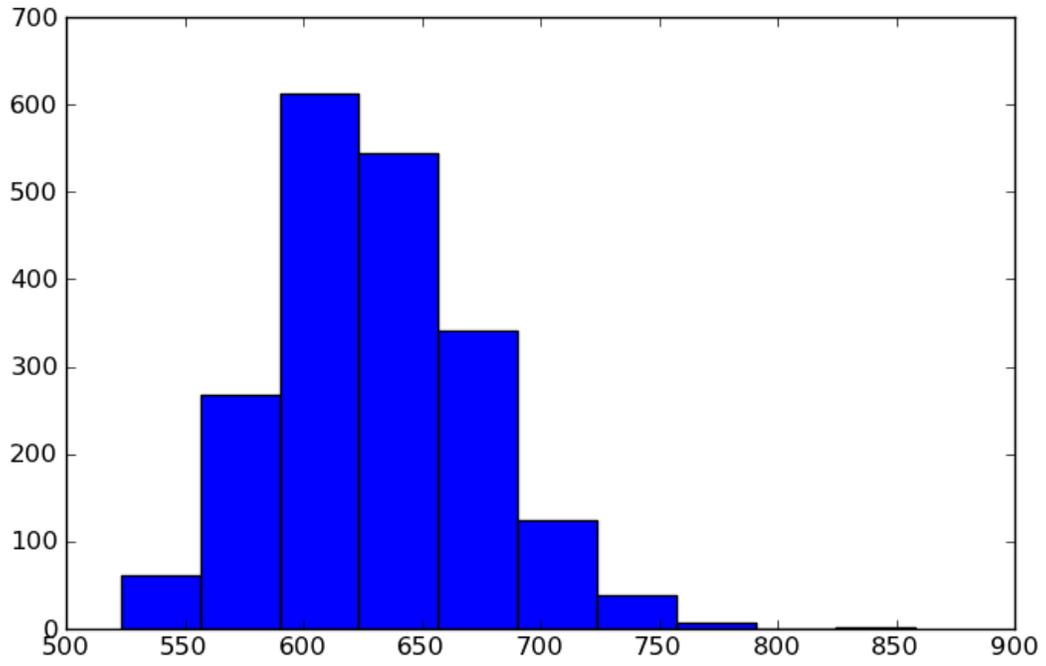


Figura 20: Média 630

- Cem participantes perfeitamente racionais

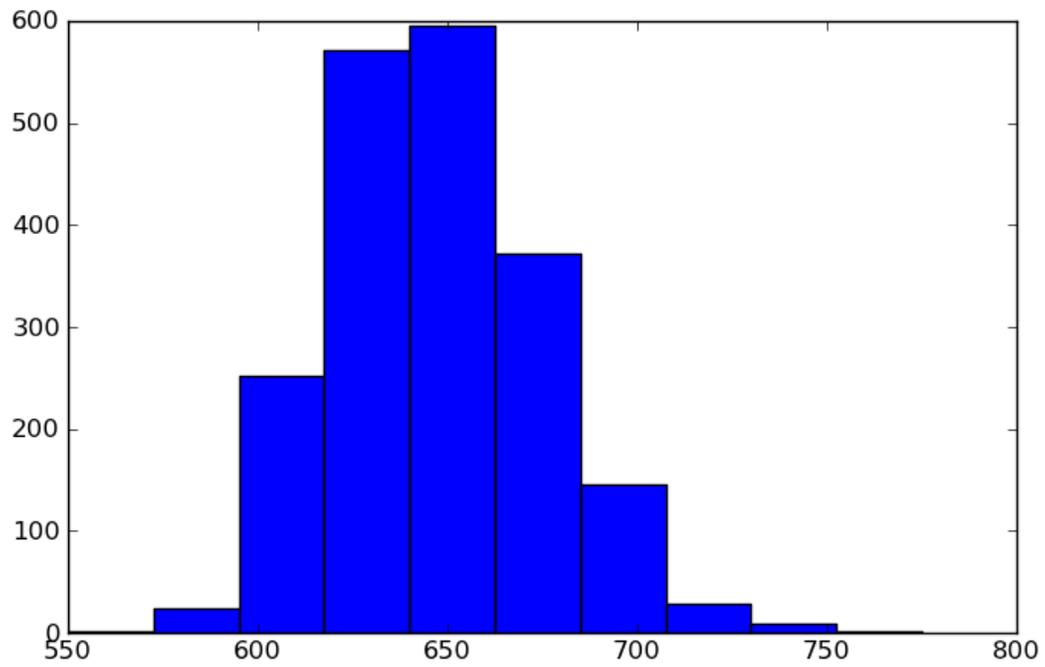


Figura 21: Média 645

- Cem participantes com perfis diferentes

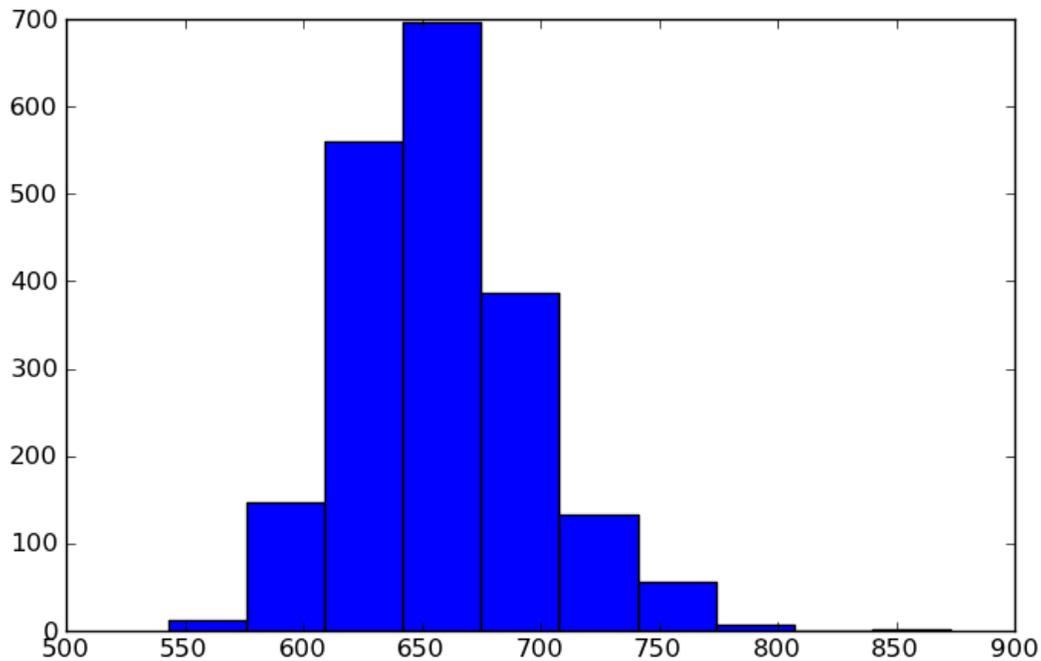


Figura 22: Média 657

A partir dos gráficos é possível observar que o receita final média dos leilões simulados aumenta de acordo com o número de participantes.

Assim, temos que o sistema respeita as quatro regras estipuladas para ser validado como um simulador de leilões.

A partir dos resultados acima pode-se concluir que, dado um número suficiente de leilões, a média dos resultados finais, providos pelo simulador, aproxima-se do resultado de um leilão real de condições semelhantes (número de participantes, valor aproximado do produto).

9 Conclusões e Expectativa de Continuidade

Observando os gráficos, nota-se que existem diferenças entre os lances apresentados em um leilão composto por agentes perfeitamente racionais e um leilão composto por agentes mistos, modelados utilizando princípios da Inteligência artificial.

A ferramenta então serve ao propósito de explicitar as divergências entre um modelo de jogo construído assumindo racionalidade e independência e um modelo que assume comportamentos menos racionais, mais sujeitos a influências internas e externas, aqui representadas por valores escolhidos probabilisticamente que afetam um lance, ainda que limitados por algumas condições.

O objetivo que procurou-se alcançar modelando esses agentes não perfeitamente racionais foi o de gerar comportamentos mais próximos de um ser humano do que aquele gerado por agentes perfeitamente racionais, demonstrando que é necessária uma modelagem cuidadosa para obter resultados mais precisos. A aplicação desse tipo de ferramenta então torna-se clara: a de auxiliar na construção de métodos que orientem a previsão de resultados não só de leilões mas de outras situações reais que podem ser modeladas como jogos.

Espera-se que esse trabalho possa auxiliar também na construção de modelos de jogos mais complexos, como, por exemplo, um simulador da Bolsa de Valores, que possui conjuntos de ações mais diversificados. Ainda que as aplicações de leilões possam parecer limitadas à Economia e Política, a possibilidade de prever resultados em situações sociais e econômicas é extremamente valiosa para todos os “jogadores” envolvidos. A ferramenta demonstrou que é possível alcançar resultados plausíveis, ainda que situações mais complexas exijam modelagem bem mais sofisticada.

A ferramenta simuladora de leilões, ainda que forneça estatísticas úteis para inferir análises e conclusões a respeito das consequências de certas divergências entre os comportamentos de agentes puramente racionais e agentes reais, não simula perfeitamente o comportamento humano. Para uma modelagem de agentes mais eficaz seria necessário um trabalho empírico com coleta de dados do comportamento humano em situações específicas de leilão.

Uma alternativa para coletar esses dados poderia ser simular vários leilões com voluntários. No entanto não se pode garantir um comportamento genuíno dos participantes.

Outra opção poderia ser acessar o banco de dados de uma empresa que agencie leilões, recolhendo dados de participantes para traçar perfis, informações sobre produtos, lances, etc.

Uma outra alternativa poderia ser solicitar dados de sites como E-bay e Mercado Livre, que realizam leilões online e procurar traçar o perfil dos participantes analisando seus lances. Contudo, esses trabalhos fogem do escopo desse projeto. Métodos para aprimorar o modelo atual serão analisados e discutidos no trabalho de formatura da nossa colega da Estatística, Juliana Gil.

Porém esse déficit na modelagem não invalida a ferramenta simuladora de leilões que, conforme foi demonstrado, fornece resultados importantes e auxilia estudos estatísticos. Um resultado interessante e inesperado que obtivemos foi a possibilidade de validar modelos de leilões (considerando o Princípio da Equivalência de Receitas) uma vez que a modelagem de agentes e de leilões é separada, e pode-se aplicar essa modelagem de agentes para uma construção de outro modo de leilão, o que também apresenta-se como possibilidade de continuidade de trabalho.

Conclui-se então que a ferramenta cumpre seu papel de fornecer dados para estudos, especialmente para a área de Teoria dos Jogos e Design de Mecanismos.

10 Análise Subjetiva

Os textos abaixo foram elaborados pelos integrantes do grupo e refletem suas opiniões e reflexões acerca do processo de desenvolvimento.

10.1 Renata

10.1.1 Desafios e Dificuldades

A grande dificuldade desse trabalho foi, em todas as suas etapas, como prosseguir com ele. Em diversos momentos contamos com a ajuda do Prof Flávio, que sempre contribuiu para definir uma direção enquanto estivemos perdidos. A partir do momento em que foi definido que o trabalho seria uma ferramenta com interações entre agentes, sofremos, pois não existia uma fórmula certa para elaborar uma ferramenta que produzisse resultados coerentes. Por isso, iniciamos o trabalho estudando diversas áreas que tangem tanto o conceito de leilão quanto o conceito de agente inteligente, buscando relacionar conhecimentos a fim de elaborar uma ferramenta que fizesse sentido.

Mesmo com os estudos, que muitas vezes fugiam da área de Computação e aprofundavam-se no desconhecido (e temível) mundo da Estatística, o processo de desenvolvimento mostrou-se muito empírico. Na etapa inicial, foram definidos elementos decisórios que norteiam as ações de um participante de leilão. Usando o senso comum, escolhemos os básicos: dinheiro disponível e vontade de adquirir o produto. Para saber como um humano se comporta, basta ser um humano. Verificar se a modelagem feita de fato resulta nesse comportamento foi então nosso próximo trabalho.

Para isso foram feitas muitas versões da ferramenta, de forma iterativa e incremental, sempre buscando o feedback tanto da Juliana quanto do Prof Flávio, procurando obter um produto funcional. Aliás, esse foi o nosso maior desafio: tornar a ferramenta relevante. Não gostaríamos de, ao fim do ano, concluir que a ferramenta “não serve para nada” ou então “até faz alguma coisa, mas é tão mal feita que é impossível usar”.

Aplicamos, então, os conhecimentos obtidos no BCC, que não só nos ensinou a resolver problemas, mas a desenvolver soluções de qualidade. Foi um longo processo de amadurecimento em cima do que estudamos, para aumentar as possibilidades da ferramenta e assim

sua relevância para a pesquisa realizada na área de Teoria dos Jogos.

Sabemos que a ferramenta não é perfeita e nem “prevê” o resultado de um leilão. Porém, ficamos felizes em obter um resultado coerente, e assim demonstramos que é possível simular as interações entre humanos em um ambiente virtual. Nesse último aspecto enxergamos um mar de possibilidades, mencionadas na conclusão do trabalho.

Em relação ao curso do BCC, notei que ele mudou a minha estrutura de pensamento. A minha maneira de analisar, planejar, criticar e me posicionar sobre os mais diversos assuntos (não só em relação à computação) mudou permanentemente. O curso me ensinou a refletir sobre como diversos elementos, por mais irrelevante que pareçam, interagem entre si e geram um resultado. Isso é relevante não só quando se está programando (principalmente fazendo debug), mas também em diversas ocasiões em que se mostra necessária a análise de uma situação para tomar decisões. E o TCC expôs esse aprendizado, não só pelo tema, que tem relação direta com as interações entre agentes, mas também pelo próprio jeito de me organizar e posicionar sem ser necessariamente conduzida.

10.1.2 Disciplinas mais Relevantes

As disciplinas mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho foram:

- MAE0515 – Introdução à Teoria dos Jogos: A disciplina forneceu diversos conhecimentos iniciais, fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.
- MAC0425 – Inteligência Artificial: Forneceu os conhecimentos necessários para modelar os agentes.
- MAC0332 – Engenharia de Software: Essa disciplina, embora não esteja relacionada ao tema, ensinou-nos sobre padrão de qualidade de um projeto, fundamental uma vez que queremos que a ferramenta seja utilizada.
- MAC0342 – Laboratório de Programação Extrema: Outra disciplina que não possui relação com o tema, mas na qual aprendi a trabalhar em grupo e diversas práticas para melhorar a qualidade de um projeto.

Além dessas, disciplinas do MAC e MAE de primeiro e segundo ano também foram importantes para fornecer a base do conhecimento.

10.2 Thiago

10.2.1 Desafios e Dificuldades

O primeiro desafio foi conhecido logo na primeira reunião com o orientador Flávio Soares Corrêa da Silva, em que conversamos mas não chegamos a um escopo fechado de qual seria o objetivo do trabalho que seria realizado. Também devo confessar que tive uma pequena frustração ao saber que não seria possível implementar algo relacionado à bolsa de valores devido à falta de informações disponíveis.

O projeto começou a ser desenvolvido em janeiro e podemos dizer que esse desafio só foi completamente superado por volta de junho, quando o sistema já estava com uma parte implementada e foi decidido que nosso objetivo seria simular leilões com participantes que imitam ações de pessoas reais.

Outro desafio com que nos deparamos logo no início do desenvolvimento foi durante as pesquisas realizadas inicialmente para conhecer o que já existia sobre o assunto escolhido. Como a área de Design de Mecanismos é muito recente, existe pouco material de pesquisa sobre o assunto.

A solução para isso foi encontrada com diversas conversas com o nosso orientador, que nos ajudou muito com as pesquisas e fez diversas recomendações para referências que poderiam nos ajudar. E de fato ajudaram.

Uma última frustração enfrentada foi causada por falta de tempo de desenvolvimento. Algumas outras funcionalidades planejadas inicialmente precisaram ser cortadas do projeto no final. Funcionalidades como alianças e disputas entre jogadores trariam um bom retorno para o produto final.

10.2.2 Disciplinas mais Relevantes

- MAC0110 Introdução à Computação: disciplina fundamental para entender como funciona a lógica de programação e começar a colocá-la em prática.

- MAC0122 Princípios de Desenvolvimento de Algoritmos: essa disciplina é muito útil para se começar a entender eficiência em algoritmos diferentes.
- MAC0323 Estruturas de Dados: nessa disciplina são apresentadas as estruturas de dados mais utilizadas atualmente, como elas funcionam e como utilizá-las.
- MAC0332 Engenharia de Software: disciplina fornece noções básicas de organização e gerenciamento de projetos, muito útil para desenvolvimento de sistemas maiores, como o desse trabalho.
- MAC0342 Laboratório de Programação Extrema: essa disciplina ensina na prática como é o desenvolvimento de software com uma das metodologias ágeis mais utilizadas atualmente, e que foi utilizada nesse projeto. Aprendemos muito sobre testes de software, que deixaram o sistema desenvolvido bem mais consistente.
- MAE0515 Introdução à Teoria dos Jogos: nessa matéria aprendemos as noções básicas de Teoria dos Jogos e onde conhecemos o conceito de Design de Mecanismos, parte integrante desse projeto.
- MAC0425 Inteligência Artificial: outra disciplina com participação direta nesse projeto. Nela aprende-se o conceito de agentes inteligentes, os algoritmos mais conhecidos dessa área e como utilizá-los.

Referências

- [1] R. Cassady. *Auctions and auctioneering*. Prentice Hall, 2009.
- [2] G. Dess and D. Beard. *Dimensions of Organizational Task Enviroments*. 1984.
- [3] Gilianes Guedes. *UML 2, Uma Abordagem Prática*. Novatec, 2009.
- [4] Marco Antônio Guimarães Dias. *Análise Estratégica de Investimentos e de Decisões com Teoria dos Jogos*.
- [5] R. Myerson. *Mechanism Design*. 2008.
- [6] J. Nash. *Equilibrium points in n-person games*. 1950.
- [7] J. Nash. *Non-cooperative games*. 1951.
- [8] Roughgarden T. Tardos E. Nisam, N. and V. Vazirani. *Algorithmic Game Theory*. Cambridge University Press, 2007.
- [9] M. Osborne and A. Rubinstein. *A Course in Game Theory*. The MIT Press, 1994.
- [10] S. Russel and P. Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, 2009.
- [11] A. Sen. *The Possibility of Social Choice*. 1998.