



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

Departamento de Ciência e Tecnologia

Bacharelado em Ciência da Computação

DOUGLAS DINIZ LANDIM

**ANÁLISE DE DEMANDA VIA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DA UNIFESP**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso

Prof. Dr. Vinícius Veloso de Melo

(Orientador)

São José dos Campos, Setembro de 2018.

1. INTRODUÇÃO/MOTIVAÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

A previsão de demanda é um ponto de extrema importância para qualquer empresa, uma previsão adequada permite o ajuste de todo o seu mecanismo de operações para atender tal demanda com a melhor eficiência possível, maximizando lucros, minimizando perdas, e principalmente atendendo todas as necessidades do cliente.

Por outro lado, uma previsão ruim que promove uma sobrestimação de demanda causa perdas operacionais e perda de produto em qualquer empresa que tenha um produto final ou serviço. A previsão ruim para subestimação pode também causar falta de atendimento e insatisfação do cliente, sendo a causa de diversos transtornos.

Todo restaurante universitário enfrenta problemas de previsão de demanda de refeições e prejuízos com a falta de vendas e ou o descarte de refeições não vendidas. Um dos grandes problemas enfrentados hoje no mundo é a elevação dos preços dos alimentos, o valor além de monetário é moral, a alimentação é o recurso primitivo de base da humanidade que hoje ainda enfrenta um mal acesso a este em muitas regiões carentes. O descarte indevido de alimentos, provocado por suas limitações e durabilidade não gera somente prejuízos monetários e sim prejuízos ambientais e morais. Isso tem causado preocupações para a população em geral e também para empresas como restaurantes que sofrem diretamente os reflexos da variação no preço dos alimentos e na demanda. Atualmente o Restaurante Universitário (R.U.) do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da Universidade Federal de São Paulo não possui um sistema que ajude na gestão de compras dos alimentos.

No restaurante universitário do ICT Unifesp as refeições são fornecidas de segunda a sexta feira. O caso particular de restaurantes universitários envolve um fluxo de demanda influenciado por dia da semana, visto que a demanda é influenciada pela quantia de alunos presentes na universidade, que por sua vez é influenciada pela grade de aulas determinada semestralmente por dia da semana. O caso de análise para este projeto foi motivado após informações de relevantes desperdícios.

Devido às condições burocráticas no ambiente do restaurante universitário do campus ICT-Unifesp, que compreendem fidelidade de contrato, exclusividade na região pois o restaurante se encontra em localização que o faça ser o único provedor de alimentos ao público do campus estando isolado fisicamente de qualquer região comercial, e acessibilidade do público à aquisição de

refeições que em sua maior parte adquirem refeições pelo valor de R\$2,50 sendo o restante do custo da refeição subsidiada pela instituição através de verbas federais, a escolha dos parâmetros não será influenciada por muitos fatores externos como concorrência, acessibilidade do ponto, entre outros.

Outro ponto importante é a obtenção dos valores de venda; não foram escolhidas as vendas diretas do ponto de venda de tickets de refeição, e sim os dados de coleta da entrada do restaurante, que demonstram a real movimentação de público no restaurante em determinado dia.

O presente trabalho tem como objetivo a comparação com o método de análise da previsão de vendas do restaurante universitário da Unifesp, previamente feita pelo autor deste projeto com aplicação de métodos estatísticos, e atualmente com métodos de aprendizado de máquina. Tal análise por aprendizado de máquina foi apontado como relevante solução no fim da análise estatística do trabalho anterior. A temperatura da região onde se localiza o campus do restaurante foi analisada por recorrência via *bootstrap* como um fator que exerce impacto sobre as vendas do restaurante em certos períodos do semestre, e neste trabalho de conclusão de curso serão obtidas novas variáveis na análise da previsão de demanda de refeições do restaurante em um novo modelo com aprendizado de máquina.

O estudo da relação de vendas, temperatura, outras variáveis climáticas e do ambiente, já é comum em outros cenários, entre eles o de maior destaque é na demanda de energia elétrica. Os cenários de vendas de alimentos perecíveis ganha também destaque apesar de se encontrar investimentos maiores na indústria de produção de energia elétrica. O objetivo tanto no cenário deste trabalho, o restaurante universitário, como em outros cenários é o mesmo, atender toda a demanda de consumo e evitar transtorno à qualquer consumidor pela falta da mesma, e evitar prejuízos de produção não consumida. Tais prejuízos impactam não só ao fornecedor, mas também ao consumidor, um fornecimento de produto e serviço com um bom planejamento de demanda, poupa recursos ao produtor que podem ser investidos em melhor qualidade de produto, e menor preço ao consumidor a fim de que seja obtido um modelo de previsão viável para evitar sobrestimação de demanda com consequência de desperdício de alimentos, ou subestimação com consequência de docentes ou discentes sem refeições.

Tal problema tem sido impactante e frequente para o restaurante que informa que em alguns dias no mês passa por sobrestimação e desperdício superior a 100 refeições.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ANÁLISES EM RESTAURANTES UNIVERSITÁRIOS.

No estudo estatístico feito por LANDIM (2016), foi analisada a correlação entre a temperatura e o consumo nos dias de vendas do restaurante universitário do campus ICT da Unifesp, sendo que os dados continham uma amostra das vendas do segundo semestre de 2016. Devido ao baixo volume de ocorrências, os dados foram submetidos à reamostragem via *bootstrap*. De acordo com os gráficos das amostras, identificou-se que a correlação mostrada nos gráficos da primeira metade do semestre e do período total do semestre formaram distribuições bimodais. Porém, na segunda metade do semestre formou-se uma distribuição unimodal. Portanto, concluiu-se que outras variáveis e outros modelos de análises podem ser utilizados para tal análise de demanda.

LOPES (2008) faz o mesmo estudo deste cenário do ICT UNIFESP aplicado na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Neste estudo, os dados utilizados foram somente o histórico de vendas do restaurante universitário, e nenhuma variável de ambiente foi coletada como temperatura, precipitação, número de alunos matriculados, etc. O algoritmo utilizado foi o Traincgp (*Conjugate gradient backpropagation with Polak-Ribiere updates*) no software Matlab. Este algoritmo não envolve o cálculo das derivadas segundas das variáveis e converge ao mínimo da função quadrática em um número finito de iterações como cita o autor. Foram então considerados para cada nó da rede neural, o dia da semana (como segunda, terça, quarta, quinta e sexta) e cada camada dessa rede utilizando os 5 dias anteriores para cada nó (as 5 segundas anteriores, 5 terças anteriores e assim sucessivamente) e, por fim, obtido um modelo pela rede que apresentou erro máximo de 3% entre os dados previstos e observados.

ROCHA (2011) também realiza o estudo de demanda no restaurante universitário da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), novamente com os métodos de redes neurais artificiais com backpropagation, e utilizando apenas como fonte de dados o histórico numérico das vendas realizadas, e outras variáveis intermediárias obtidas a partir deste como médias de subconjunto de observações (médias de segundas-feiras), e a única variável de ambiente coletada foi o número de feriados próximos à observação de venda. No estudo do total de dias analisados, verifica-se que em 73% (187 dias), o método de média simples propiciou um maior erro em relação à RNA, que por sua vez ocasionou um erro maior nos 23% (69 dias) restantes.

Em se tratando de menor desperdício, observa-se que a RNA apresenta erros maiores que 50 refeições em 13 dias, enquanto o método da média simples apresenta erros maiores que 50 refeições

em 58 dias, concluindo-se então que o método de RNA foi bem mais eficiente do que o cálculo de média simples utilizado pela administração do restaurante universitário.

2.2 ANÁLISES EM OUTROS CENÁRIOS.

RUAS et al. (2012) fazem uma análise de previsão de demanda de energia elétrica no estado do paraná, entre os anos de 2004 e 2006, utilizando redes neurais artificiais e máquinas de vetores de suporte. Apesar de não ser o mesmo exemplo do cenário do restaurante universitário do ICT UNIFESP, temos na distribuição dos dados de consumo coletados como uma série temporal, e foi utilizado nesta pesquisa uma rede parcialmente recorrente de Elman, que permite a previsão de um passo de tempo à frente. Para que seja possível realizar a previsão vários pontos à frente, é necessário utilizar os valores já previstos, ou seja, a saída da rede, como entradas da mesma. Logo, como o cenário da demanda do RU no ICT UNIFESP se apresenta como uma série temporal e tentaremos prever a demanda um passo à frente, será interessante a este trabalho utilizar e comparar as técnicas previstas nesta referência.

ALMEIDA (2013) analisa um cenário semelhante de demanda de energia elétrica, porém utilizando-se técnicas de previsão de demanda com Rede Neural Artificial do tipo Multilayer Perceptron combinado com lógica fuzzy que permite colocar variáveis de temperatura (entre outras) em um conjunto de regras que impactam no problema. Esta análise é interessante pois é semelhante à referência 2 que faz um estudo com redes neurais perceptron no mesmo tema deste trabalho de conclusão de curso, mas com a adição da lógica fuzzy que permite utilizar outras variáveis de ambiente impactantes, que não sejam somente o histórico numérico do consumo.

SILVA et. al. (2010) também aplica técnicas de redes neurais para previsão de demanda de energia elétrica, com o estudo de variáveis climáticas, porém através de um modelo de MAPA SOM - (Self-Organizing Map) que é um tipo de rede neural desenvolvido para reconhecimento de padrões. Apesar de ser um modelo não supervisionado, o modelo é ideal para organizar as principais variáveis impactantes e descartáveis na previsão. O mapa som utilizado pelo autor apresenta os dados associados aos seus neurônios de forma que padrões similares encontram-se em neurônios contíguos, tendo uma organização topológica. Deste modo é possível se extrair relações abstratas entre as variáveis do vetor de dados através da sua posição nos mapas componentes, que por meio de uma escala de cores mostram a quantidade de uma variável específica em cada neurônio do mapa.

2.3 TESES COMPARATIVAS DE DIVERSOS MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA.

JUNIOR (2007) realiza um trabalho de comparação entre diversas técnicas de Métodos estocásticos e Rede Neural Artificial (RNA), para a previsão da demanda de produtos cosméticos, distribuídos em séries temporais. Entre eles Redes Neurais tipo feedforward, com o algoritmo backpropagation que foi o principal foco no trabalho de previsão de RU na Universidade Federal de Viçosa e na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Será realizado a análise dessas comparações e seleção de principais algoritmos que possam ser aplicados e comparados neste trabalho.

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Construir um modelo utilizando uma Rede Neural Artificial para a previsão da demanda de refeições do restaurante universitário do ICT-UNIFESP com menos de 10% de erro.

Objetivos Específicos

- Construir modelos utilizando três algoritmos de regressão;
- Realizar análise estatística da qualidade dos modelos;

4. METODOLOGIA

Por se tratar de um trabalho de previsão de demanda, a primeira atividade será o estudo da tarefa de análise de regressão com foco na previsão de demanda. Análises de regressão fundamentadas por BOCANEIRA (2002) e técnicas aplicadas de regressão propostas por SMOLA (1998), são as principais bases de fundamentação dos trabalhos de previsão de demanda de LOPES (2008) no restaurante universitário da Universidade Federal de Viçosa, e de RUAS et al. (2012) na previsão de demanda de energia elétrica utilizando redes neurais artificiais e regressão por máquinas de vetores de suporte, respectivamente. A partir destes trabalhos, serão estudados diferentes métodos de regressão e como a partir deles podem ser aplicadas técnicas de previsão de demanda por meios estatísticos e usando técnicas de aprendizado de máquina.

Após essa etapa, será então iniciado o estudo aprofundado sobre Redes Neurais Artificiais de acordo com BRAGA (2000), e o estudo específico da técnica de Perceptron Multi-Camadas fundamentado em HAYKIN (1994) que embasa o trabalho realizado na Universidade Federal de Viçosa.

4.1 MODELO DE PREVISÃO

Para a previsão da demanda, utilizaremos dados do cardápio, quantidade de vendas por dia dos últimos n dias (histórico), dia da semana e estação do ano. A quantidade de vendas será um valor numérico, enquanto que as demais variáveis serão categóricas (fatores). Diferentes valores de n serão testados para se tentar capturar tendências na demanda e aumentar a qualidade preditiva.

4.2 CONJUNTO DE DADOS

O conjunto de dados de cardápio e de histórico de vendas será fornecido pela empresa Nutrimenta que é responsável pela administração do restaurante universitário do ICT-UNIFESP. Já os dados externos do ambiente do restaurante, como variáveis climáticas de temperatura e sensação térmica do dia, umidade relativa e precipitação, serão obtidos de sítios da internet como do INPE¹ e do ACCUWEATHER². Dados de calendário acadêmico e feriados nacionais serão obtidos no link oficial do ICT-UNIFESP³.

Será avaliada a possibilidade de elaboração de questionário aos alunos sobre o impacto das variáveis climáticas entre outras que os mesmos possam citar, desde que tal análise seja aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unifesp. O formulário será elaborado nesta etapa e submetido ao comitê com a intenção de que possam ser observados pesos importantes destas variáveis na opinião direta dos alunos, bem com a identificação de novas variáveis. Porém, o trabalho pode avaliar o peso destas variáveis sobre os alunos sem a observação direta dos mesmos.

Após obtidas as variáveis e o conjunto de dados do restaurante universitário, estes dados serão organizados em um banco que permita a exportação em outros formatos que podem ser exigidos pelas ferramentas de aplicação dos algoritmos. Cada tabela do banco conterá a data observada e as colunas serão as variáveis de observação como a temperatura do dia, sensação térmica, precipitação, dados do cardápio, entre outras.

1 <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>

2 <https://www.accuweather.com/pt/br/brazil-weather>

3 <https://www.unifesp.br/reitoria/prograd/pro-reitoria-de-graduacao/informacoes-institucionais/calendario-academico>

4.3 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

O ambiente de desenvolvimento para as técnicas estudadas deverá ser o software Spyder para a linguagem de programação Python com o pacote scikit-learn. Além disso, pode-se usar a ferramenta Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) como outra opção de investigação. O desenvolvimento será realizado em um computador com processador Intel i7-3630QM, 8GB RAM DDR3, SSD KINGSTON UV400 480GB, e sistema Operacional Windows 10 PRO.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como não há outros trabalhos na literatura utilizando essa mesma base de dados, faremos a comparação entre duas ou mais técnicas. Assim, nossa proposta de utilizar uma Rede Neural Artificial do tipo Perceptron de Multicamadas será comparada com outras duas técnicas clássicas: a Regressão Linear Múltipla e a média dos k Vizinhos mais próximos. Dado que o problema estudado é de previsão numérica, serão avaliadas medidas tradicionais da literatura como Erro Absoluto Médio (EAM), Erro Quadrado Médio (EQM) e Raiz do Erro Quadrado Médio (REQM). A verificação estatística das diferenças nas medidas obtidas com as técnicas será feita por meio do teste de hipótese de Wilcoxon Rank Sum.

5. CRONOGRAMA

As atividades apresentadas na Tabela 1 são descritas a seguir.

- Atividade 1: Nesta atividade será estudada de maneira mais aprofundada a tarefa de regressão aplicada à previsão de demanda.
- Atividade 2: Nesta atividade serão estudadas técnicas de Redes Neurais Artificiais, mais especificamente, a técnica de Perceptron Multi-Camadas. Além disso, serão estudadas as técnicas de Regressão Linear Múltipla e dos k Vizinhos mais Próximos que serão empregadas na análise comparativa. De acordo com o que for descoberto durante a revisão da literatura, poderão ser estudadas outras técnicas para a previsão de demanda.
- Atividade 3: Elaborar a proposta, detalhando a metodologia de preparação dos dados, separação dos conjuntos de validação e teste e medidas de avaliação da qualidade, bem como a definição das técnicas a serem comparadas.
- Atividade 4: Escrita do TCC 1.

Tabela 1: Atividades a serem desenvolvidas.

Ativ.	Semana/Mês							
	1/ Out	2/Out	3/Out	4/Out	1/Nov	2/Nov	3/Nov	4/Nov
1	x	x						
2		x	x	x				
3			x	x	x	x		
4					x	x	x	x

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, VICTOR ANDRADE de. **Previsão De Carga Através De Modelos Neuro-fuzzy**. 2013. 91f. Tese De Doutorado. Universidade Federal Do Rio De Janeiro. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007620.pdf>> Acesso Em: 07 De Abril De 2018.

BRAGA, A. de P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, Teresa Bernarda. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Livros Técnicos e Científicos, 2000.

HAYKIN, Simon. **Neural networks, a comprehensive foundation**. Macmilan, 1994.

JUNIOR, A. M. **Análise de métodos de previsão de demanda baseados em séries temporais em uma empresa do setor de perfumes e cosméticos**. 2007. 120 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade do Paraná. Curitiba.

LANDIM, DOUGLAS DINIZ. **Análise De Demanda No Restaurante Universitário Do Instituto De Ciência E Tecnologia Da Unifesp - Universidade Federal De São Paulo**. 2016. 6f. Trabalho Individual (Projeto Da Disciplina De Simulação De Sistemas) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos. Disponível Em: <<https://goo.gl/a1oXuA>> Acesso Em: 07 De Abril De 2018.

LOPES, L.C. **Modelos Para Previsão De Demanda No Restaurante Universitário Utilizando Técnicas De Redes Neurais**. 2008. 14f. IV Congresso Nacional De Excelência Em Gestão.Dma Universidade Federal De Viçosa. Disponível Em: <<http://www.novos cursos.ufv.br/projetos/ufv/gesep/www/wp-content/uploads/5.pdf>> Acesso Em: 07 De Abril De 2018.

ROCHA, JOSÉ CELSO; MATOS, FELIPE DELESTRO; FREI, FERNANDO. **Utilização De Redes Neurais Artificiais Para A Determinação Do Número De Refeições Diárias De Um**

Restaurante Universitário. 2011. 8f. Rev. Nutr., Campinas, set./out.2011. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Assis. SP. Disponível Em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-52732011000500007&script=sci_arttext&tlng=pt> Acesso Em: 07 De Abril De 2018.

RUAS, GABRIEL I.S. et.al. [S.l.] **Previsão De Demanda De Energia Elétrica Utilizando Redes Neurais Artificiais E Support Vector Regression**. 2012. 10f. Universidade Federal do Paraná

(UFPR). Disponível Em <http://www.dcc.fc.up.pt/~ines/enia07_html/pdf/27927.pdf> Acesso Em: 07 De Abril De 2018

SCHÖLKOPF, Bernhard; SMOLA, Alexander; MÜLLER, Klaus-Robert. **Nonlinear component analysis as a kernel eigenvalue problem**. *Neural computation*, v. 10, n. 5, p. 1299-1319, 1998.

Massachusetts Institute of Technology. Disponível Em

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.3.6497&rep=rep1&type=pdf>> Acesso Em: 07 De Abril De 2018.

SILVA, C.V.M et. al. **Metodologia Para Previsão De Demanda De Energia Elétrica Em**

Curtíssimo Prazo Baseada Em Um Modelo Probabilístico Discreto. 2010. 5f. Desenvolvimento de Algoritmos e Software para Previsão de Carga na Área de Concessão da MuxEnergia - Horizonte de Curtíssimo Prazo. Disponível Em

<http://alegrete.unipampa.edu.br/gesep/wp-content/uploads/2010/05/Previs%C3%A3o-de-demanda-utiilizando-m%C3%A9todo-de-Markov_Final.pdf> Acesso Em: 07 De Abril De 2018.