



**Business Intelligence**

**PUC**  
RIO

*Gabriel Passos Marinho Galvão*

*Modelo Fuzzy para Priorização da Análise Financeira de Itens Consumidos em uma Rede Hospitalar*

*Monografia de Final de Curso*

*31/08/2017*

***Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica da PUC/Rio como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialização em Business Intelligence.***

***Orientadores:***

**Ana Carolina Alves Abrêu**

---

## **RESUMO**

A receita do prestador de serviço de saúde no Brasil depende diretamente dos materiais e medicamentos que são consumidos. Em uma rede hospitalar, a variedade de itens utilizados e a dinâmica do mercado fazem com que o controle do que é usado e como é registrado em sistemas informacionais seja uma tarefa complexa e desafiadora. Este trabalho apresenta uma solução estruturada em Lógica Fuzzy para priorizar a análise dos itens por potencial de rentabilidade.

## **ABSTRACT**

Healthcare services revenue in Brazil depend directly on the medication and health supplies that are used on the job. In a hospital corporation, the variety of supplies and the health market dynamics make controlling what is used and how its registered in informational systems a complex and daring mission. This work presents a Fuzzy Logic solution to rank item analysis by profit potential.

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	4
1.1	MOTIVAÇÃO .....	7
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	8
1.3	DESCRIÇÃO DO TRABALHO .....	9
1.4	ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA .....	10
2.	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	11
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
4.	ESTUDO DE CASO .....	21
5.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	39
	Referências Bibliográficas .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado de saúde brasileiro, ao menos no setor privado, é estruturado tipicamente por três agentes: o prestador do serviço de saúde; o paciente – cliente e “consumidor” final – e a operadora de planos de saúde, que exerce o papel de seguradora, assumindo os riscos do setor ao dar segurança a seus clientes, diluindo suas despesas com saúde ao longo do tempo. A operadora ocupa uma posição intermediária entre o médico e o paciente no fluxo de capital desse mercado.

Enquanto os valores pagos pelos consumidores finais aos seus planos de saúde sejam estáveis, com mensalidades pré-estabelecidos, as contas pagas por operadoras aos prestadores são relativas a materiais e medicamentos consumidos, diárias de internação, taxas de uso de equipamentos de engenharia clínica, honorários médicos, etc. Tais valores são faturados por meio de contas médicas, compostas pelos recursos utilizados nos tratamentos de patologias de cada paciente ao longo do tempo.

Como esse consumo se traduz em uma conta médica a ser faturada? Como se identifica a marca, especificações técnicas, fabricante, fornecedor ou laboratório de um material ou medicamento tão crítico para a manutenção de uma vida humana? Como o médico prescreve esses itens de acordo com a necessidade do paciente e como são armazenados de forma controlada e disponibilizados para uso? Como se precifica esse material ou medicamento, para que o trabalho do prestador de serviço de saúde se torne sustentável e até lucrativo? Como essas contas médicas são enviadas e interpretadas corretamente pelos convênios em relação aos valores a serem pagos?

Em uma clínica pequena, a princípio essas são meras questões processuais de fácil execução. Porém, ao considerar um hospital de grande porte, esses processos fundamentais se tornam complexos, exigindo equipes numerosas e uma organização minuciosamente desenhada para que a operação tenha eficiência e continuidade. Todos esses processos necessitam de uma ferramenta em comum, que unifica diversos setores de uma organização prestadora de saúde: o cadastro desses itens em um sistema empresarial integrado.

O sistema faz a conexão de toda a cadeia de suprimentos, passando pelos processos assistenciais de prescrição médica, dispensação e consumo desses materiais e medicamentos e finalmente o fluxo de faturamento, com o lançamento em contas médicas e posterior emissão de notas fiscais e consolidação de remessas para cobrança junto às operadoras de planos de saúde. Assim, toda a operação do hospital é vinculada a recursos de tecnologia da informação (TI) que proveem soluções que interligam os diversos setores responsáveis por cada processo em sequência no macroprocesso operacional do hospital.

Toda essa integração entre diferentes funcionalidades é possibilitada pelo cadastro de um código único de cada SKU (*Stock Keeping Unit*) de materiais faturáveis e medicamentos. Assim, é permitido o controle da compra, estoque, consumo, faturamento e recebimento de cada produto utilizado, com o correto preenchimento de informações cadastrais que apoiam esse fluxo transacional.

Tais informações são indispensáveis, em um primeiro momento, para definir e identificar cada item, que deverá ser único na base de dados se corretamente cadastrado. Para esse fim, são informados dados de atributos técnicos do item, fabricante, tamanho, calibre, forma de apresentação, unidades de medida, embalagem, referência, etc. Porém, os dados cadastrais não se limitam a esse objetivo básico.

Além do código único que identifica o item no banco de dados, cada item dispõe de campos cadastrais dedicados a outros códigos que facilitam a transição de informações entre os agentes do mercado de saúde, sejam as operadoras, para identificar e auditar a utilização e cobrança dos materiais e medicamentos; seja a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), agência reguladora que tem entre suas atribuições a padronização e fiscalização dos dados enviados a respeito desses insumos consumidos. Portanto, essas codificações são de suma importância para o modelo adotado no mercado de saúde doméstico, sendo decisivas para a legitimação dos materiais utilizados e para a definição dos respectivos valores que serão cobrados após o consumo. É uma característica do mercado de saúde os fornecedores de materiais hospitalares e os laboratórios fabricantes de medicamentos publicarem seus produtos em revistas (impressas e/ou virtuais) com os respectivos preços de referência, que servem como base para as negociações comerciais entre os prestadores de serviço de saúde e as operadoras.

Apesar de parecer simples sob uma análise superficial, manter o cadastro de codificações dos materiais e medicamentos correto e atualizado é um grande desafio da organização prestadora de saúde de grande porte. Isso se dá por três motivos: o primeiro é a dificuldade técnica para identificar o item nas publicações externas que definem as codificações relevantes, já que as descrições não são as mesmas e as informações disponibilizadas nem sempre são claras e/ou precisas, exigindo em muitos casos a competência técnica de enfermeiros (ou farmacêuticos, no caso de medicamentos) para definir a codificação com precisão; o segundo é a dinâmica do mercado, em situações em que os itens podem ser descontinuados ou relançados em novas apresentações, além das possíveis mudanças corporativas das empresas envolvidas, sejam fabricantes ou distribuidores, alterando dados oficiais como razão social e CNPJ, o que também influencia nas codificações; o terceiro é o grande volume de itens utilizados pela organização, o que pode estar na ordem de grandeza de milhões de SKUs se for uma corporação do tamanho de uma rede de hospitais, tornando a manutenção da qualidade desses itens uma tarefa realmente onerosa.

A imprecisão e/ou defasagem no cadastro de codificações dos materiais faturáveis e medicamentos ocasiona perdas operacionais e financeiras. Os fatores operacionais abrangem desde a autorização de um procedimento médico, que envolve a aprovação pela operadora dos materiais que serão utilizados, até o envio das contas médicas por meio de arquivos eletrônicos, que são processados pelos convênios a partir das codificações. As perdas financeiras são decorrentes da estagnação dos preços por conta da codificação desatualizada e as glosas médicas realizadas pelas operadoras (valores não pagos por estarem em desacordo com as regras firmadas – no caso, a codificação que deve ser enviada no arquivo eletrônico para que os itens sejam identificados na fatura).

Este trabalho tem como objetivo o aumento da eficiência do faturamento e redução de perdas financeiras através de uma solução inteligente para priorizar a análise dos itens faturáveis, visando a correta codificação e, em casos de itens com equivalência técnica, a utilização da opção que seja mais rentável do ponto de vista financeiro. Não está no escopo do trabalho a mensuração dos ganhos operacionais provindos da mesma solução, mesmo que tais ganhos possam ser convertidos em valores monetários.

A priorização da análise dos itens será feita em função do grau de prioridade definido por um sistema de Lógica Fuzzy a partir de atributos como o nível de inconsistência de codificação, percentual de glosa submetida, criticidade do item em termos faturamento e oscilação do consumo, variação de preço, custo e consumo entre hospitais.

## **1.1 MOTIVAÇÃO**

Dentre os motivos de glosa médica, grande parte se dá por questões administrativas que poderiam ser evitadas por meio da qualidade da informação enviada, consequência do cadastro eficiente dos itens (SANTOS & ROSA, 2013). É evidente também que a padronização otimizada da compra e consumo dos itens tem alto impacto na rentabilidade dos hospitais (VECINA & REINHARDT, 2002). Porém, não é trivial a escolha de quais materiais e medicamentos devem ser analisados primeiro dada a variedade de insumos utilizados e a dinâmica do mercado de saúde.

Há uma grande dificuldade em encontrar trabalhos que abordam a questão de priorização de itens consumidos na análise financeira de redes hospitalares, tal fato motiva o desenvolvimento de um modelo de apoio à decisão baseado em técnicas da inteligência computacional, para auxiliar no faturamento de hospitais através da correta utilização dos itens consumidos e seus faturamentos. Em geral existe a discussão quanto ao modelo empregado no mercado de saúde brasileiro, que estimularia o consumo em detrimento à eficiência médica como forma de sustentabilidade. Porém, uma mudança nesse modelo só seria possível com a mobilização de todos os agentes do setor de saúde em mútuo interesse.

Este trabalho parte da premissa que o modelo atual será mantido no curto e médio prazo, sendo possível a ruptura somente a longo prazo, caso a resistência existente atualmente seja superada. A sustentabilidade do prestador de serviço nesse modelo depende do faturamento eficiente dos materiais e medicamentos, o que deve ser alcançado de forma proativa e estruturada, o que este trabalho tem como objetivo viabilizar através de técnicas inteligentes de análise de dados.

Atualmente as soluções para redução de glosa ou substituição de itens menos vantajosos financeiramente são encontradas de forma reativa, quando os

prejuízos de certos itens são percebidos praticamente “ao acaso”. Como a variedade de itens utilizados em uma rede de hospitais pode estar na ordem de grandeza de dezenas ou até centenas de milhares, somente os casos críticos se sobressaem. Assim, o ganho financeiro potencialmente revertido em torno do grande volume de itens “secundários” não é percebido, muito menos alcançado.

## **1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

O objetivo deste trabalho é modelar um sistema de Lógica Fuzzy que suporta a priorização da análise de materiais e medicamentos consumidos em uma rede de hospitais, buscando oportunidades de ganho financeiro com ajustes de codificação – o que garante a correta precificação dos itens e minimização de glosas médicas – e a substituição entre itens equivalentes tecnicamente pelas opções mais rentáveis.

Considerando o tempo necessário para realizar uma análise técnica minuciosa dos dados de um item – informações como a descrição, classificação, códigos diversos, unidades de medida, padrão de consumo, entre outros – e a vasta variedade de materiais e medicamentos usados em uma rede de hospitais, torna-se fundamental ter um direcionamento eficaz do esforço analítico para que o negócio hospitalar seja conduzido a um nível ótimo. No caso de substituição do item, o esforço torna-se ainda maior, envolvendo diversos setores da organização para avaliar fatores técnicos, comerciais, logísticos e operacionais, sendo ainda mais necessária a priorização eficiente dos itens submetidos a esse processo.

Para isso, o sistema de Lógica Fuzzy deve inferir sobre alguns atributos básicos de cada item:

- Nível de consistência da codificação, sendo que alguns códigos influenciam tanto na precificação quanto na aceitabilidade da cobrança ao convênio enquanto outros influenciam somente nas glosas médicas;
- Percentuais de glosa sofrida por codificação e total, tanto por valor faturado quanto por quantidade consumida;
- Impacto do item em termos de faturamento e estabilidade do consumo;



- Distribuição do consumo e oscilação dos preços de compra e venda entre os hospitais.

Com isso, é possível a tomada de decisão de como deve ser priorizada a análise em função de múltiplas variáveis. Ao definir as regras Fuzzy, atributos que dificilmente seriam comparáveis objetivamente – tais como um alto percentual relativo de glosa sobre o valor faturado e uma distribuição de consumo entre hospitais desequilibrada – passam a ser contemplados de forma organizada logicamente.

### **1.3 DESCRIÇÃO DO TRABALHO**

O desenvolvimento deste trabalho envolveu as seguintes etapas: definição dos atributos e normalização dos valores de entrada; estruturação dos sistemas de Lógica Fuzzy com a organização dos atributos em entradas e saídas; definição das funções de pertinência e regras linguísticas; avaliação prévia do comportamento do modelo através de gráficos de superfície; e avaliação de resultados com uma amostragem de itens.

A definição dos atributos está diretamente relacionada ao objetivo do trabalho, já que serão os parâmetros utilizados para a priorização. Foram consultados especialistas para garantir o embasamento técnico necessário não somente para a escolha dos atributos, mas também na elaboração da métrica dos valores e posteriormente suas normalizações. Os critérios de normalização foram expostos de forma gráfica em funções lineares.

A estrutura do modelo foi desenhada com dois níveis de inferência, de forma que a compreensão do valor final seja mais intuitiva, sendo possível perceber os fatores que pesaram para o resultado obtido. Essa estrutura será explicada adiante.

As funções de pertinência e regras linguísticas foram definidas com auxílio de especialistas e ajustadas conforme observações realizadas dos gráficos de superfície e com uma geração aleatória de valores de entrada para teste.

A avaliação do comportamento do modelo foi feita através da análise do gráfico de superfície de cada sistema Fuzzy que compõe o modelo. O gráfico de

superfície permite a visualização do resultado da inferência em cada região de interação entre os atributos.

Finalmente, com uma amostragem de itens, o modelo foi testado de forma prática e teve os resultados avaliados.

#### **1.4 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA**

Esta monografia está dividida em cinco capítulos adicionais, descritos a seguir.

O capítulo 2 apresenta o problema de forma mais aprofundada, permitindo uma melhor compreensão de qual foi a motivação deste trabalho e o que se espera da solução elaborada.

O capítulo 3 apresenta a técnica adotada para a solução, com argumentos e embasamento teórico para essa escolha.

O capítulo 4 detalha a elaboração e desenvolvimento da solução, passando por cada etapa de sua construção, sendo possível entender o funcionamento do modelo.

O capítulo 5 apresenta e comenta os resultados obtidos com uma aplicação prática do modelo em uma amostragem delimitada.

Finalmente, o capítulo 6 descreve as conclusões do trabalho e identifica possíveis trabalhos futuros.

## 2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Uma rede de hospitais de grande porte trabalha com centenas ou até milhares de fornecedores de materiais e medicamentos. A variedade de produtos diferentes atinge a ordem de grandeza de dezenas de milhares, representando centenas de milhares ou até milhões de registros cadastrados ao se considerar múltiplas bases de dados com um amplo histórico de movimentações de diferentes hospitais incorporados na rede.

Diversos setores da empresa compartilham o uso dos mesmos registros cadastrados, cada um com uma finalidade diferente. A área de suprimentos negocia contratos com os fornecedores e emite ordens de compra de acordo com a demanda da unidade hospitalar, que é analisada por um setor de planejamento e controle de estoque, responsável por disparar as solicitações de compra. O almoxarifado do hospital recebe os produtos solicitados, confirma se as entregas dos fornecedores correspondem às ordens de compra emitidas e dá baixa no estoque em sistema, permitindo que o planejamento e controle seja realizado de forma eficiente, com o sistema refletindo fielmente a realidade física do estoque (VECINA & REINHARDT, 2002). Assim, o ciclo logístico está fechado.

Com os materiais e medicamentos disponíveis virtualmente e fisicamente, o corpo assistencial do hospital consegue cumprir suas responsabilidades como prestadores de serviço de saúde. Os médicos podem prescrever os medicamentos adequados para o tratamento aos pacientes e a farmácia do hospital realiza a dispensação desses medicamentos para a enfermagem aplicar a dosagem prescrita pelo médico (CARDOSO, 2013). No caso de procedimentos cirúrgicos, há uma avaliação prévia dos materiais que serão utilizados, precisando passar por uma autorização do convênio dependendo do tipo e custo do material. Nesse momento, há uma troca de informações que depende do cadastro correto dos itens utilizados.

Conforme os itens são consumidos, os níveis de estoque naturalmente baixam e as contas médicas crescem automaticamente, já que todo consumo é direcionado para um paciente específico em um leito ou setor hospitalar definido (RODRIGUES FILHO et al., (2001). Os valores a serem cobrados variam conforme as condições acordadas com o convênio do paciente – se estiver coberto

por um plano de saúde – e o hospital (DEL NERO, 1995). Os acordos comerciais dependem do tipo de material e medicamento consumido, podendo-se utilizar tabelas de preço específicas com valores tabelados, elaboradas em conjunto pelo setor comercial do hospital em negociação com as operadoras, ou tomar como base as tabelas publicadas com os produtos de fabricantes, laboratórios e distribuidores do mercado de saúde, acrescentando-se um fator (ou deflator) negociado no valor final. Nesse caso, a codificação do material é imprescindível para que o valor a ser cobrado seja calculado corretamente em função do registro devido na tabela.

Aí se dá o início do processo de faturamento do hospital. As contas médicas são fechadas quando é dado alta aos pacientes ou, em casos de internações mais longas, são fechadas periodicamente contas parciais. Essas contas passam por um processo de faturamento que incluem análises administrativas e técnicas dos itens, avaliando se a cobrança é realmente devida – o item poderia já estar incluso em diárias ou pacotes pré-acordados, o que ocasionaria uma duplicidade na cobrança – e se são apropriados tecnicamente frente ao quadro clínico do paciente, tanto em termos de finalidade do item quanto em quantidade consumida. As contas médicas são finalmente faturadas somente após a realização dessa triagem e enviadas às operadoras em remessas, originando-se neste momento contas a receber (EDUCA SAÚDE LTDA, 2017).

As operadoras recebem as remessas de contas médicas e realizam uma auditoria dessas cobranças, verificando se as informações dos pacientes enviadas estão em dia, se os itens consumidos são cobertos pelo plano, se os valores estão em conformidade com o que foi contratado, entre outros fatores. Em caso de qualquer inconsistência ou inconformidade em relação ao esperado pela operadora, a conta poderá ser glosada – isto é, ter o pagamento recusado – parcialmente ou até integralmente. A análise dos materiais e medicamentos nas contas depende diretamente de sua correta codificação, pois é através da mesma que o item é identificado e tem o seu valor verificado. Consequentemente, se houver alguma inconsistência na codificação, a probabilidade de glosa integral do item é alta. Enfim, após a realização desse processo, os pagamentos são programados pela operadora no prazo acordado (SANTOS & ROSA, 2013).

De forma sucinta, todo o fluxo de funcionamento de um hospital utiliza os itens cadastrados em sistema e a qualidade de informação desses cadastros influencia na eficiência e eficácia dos processos. Nesse contexto, o desafio é manter a qualidade de informação em uma grande variedade de itens frente à dinâmica do mercado de saúde, cujas alterações influenciam nas codificações dos itens, gerando inconformidades e, conseqüentemente, glosas. Outra consequência dessa dinâmica é a variedade de opções técnicas de fabricantes de materiais hospitalares e a possibilidade de alternância entre diferentes laboratórios para os mesmos princípios ativos de medicamentos. A competitividade do mercado em si é positiva para o prestador de serviço de saúde, mas outro desafio, além do fator da codificação dos itens, é conseguir capitalizar nas oportunidades desse cenário de constante renovação.

Partindo da premissa que não há possibilidade de automatizar a análise dos itens, pois é preciso um olhar técnico (ou clínico) para examinar a codificação, além de uma avaliação comercial e logística no caso de substituição do item, torna-se imprescindível a capacidade de classificar os itens a serem analisados em níveis de prioridade. Um primeiro critério óbvio seria priorizar os itens que representam maior faturamento nos hospitais da rede. Porém, o alto faturamento por si só não representa garantia alguma de oportunidade de receita, seja com ajuste de codificação, buscando com isso a precificação correta e redução de glosas, ou com o estímulo ao consumo desses itens em hospitais que não os utilizam (ou utilizam menos), substituindo itens de menor rentabilidade.

Para exemplificar, analisemos um caso hipotético do item de maior faturamento da rede de hospitais. Sendo o item mais representativo em termos de receita, o seu destaque em termos de visibilidade na empresa naturalmente é maior. Conseqüentemente, qualquer inconsistência em sua codificação e um pequeno aumento que seja em seu percentual de glosa seriam facilmente percebidos e rapidamente solucionados, ou ao menos teriam um plano de ação elaborado às pressas para encontrar alternativas. Portanto, consideremos que a codificação desse item está adequada, precificação correta e percentual de glosa controlado. Prosseguindo a análise, avaliemos a possibilidade de implementar o uso ou estimular o consumo desse item em novas unidades hospitalares. O alto faturamento já sugere que o item já é consumido em larga escala por todos os

hospitais. Caso haja alguma exceção, é razoável supor que seja por um motivo técnico ou estratégico (em função de questões comerciais locais), considerando a notoriedade do item. Ou seja, é improvável que a não utilização do item mais representativo financeiramente da rede passe despercebida em qualquer hospital.

Com isso, nessa análise hipotética, não há qualquer oportunidade de receita com o item, mesmo sendo o mais representativo no faturamento da rede hospitalar. Isso se dá porque o item já é utilizado de forma eficiente do ponto de vista financeiro. Conclui-se que é necessário adotar outros critérios além do simples montante faturado pelo item, apesar de ser um fator de grande importância – obviamente não é razoável priorizar itens de baixo faturamento, pois não há qualquer motivo para acreditar em resultados extraordinários otimizando itens pouco utilizados.

Fatores como o grau de inconsistência da codificação, percentual de glosa, estabilidade do consumo do item na rede hospitalar, distribuição do consumo entre hospitais e a oscilação dos preços de compra e venda entre hospitais, além do faturamento, são critérios coerentes para a priorização dos itens e foram escolhidos para direcionar este estudo. Porém, a escolha dos critérios é uma questão relativamente simples se comparada com o problema de como estruturar logicamente a interação entre eles.

Comparando itens do mesmo patamar financeiro, qual é o mais relevante para análise: o que possui uma inconsistência grave na codificação ou o que tem consumo altamente desequilibrado entre os hospitais? E se, no primeiro caso, o percentual de glosa do item for baixo mesmo com a codificação problemática? Ou se, no segundo caso, o percentual de glosa estiver em um nível médio, acima do esperado para um item com codificação irretocável? Aliás, o que pode ser considerado um nível baixo, médio ou alto do percentual de glosa, ou ainda da inconsistência da codificação ou da distribuição de consumo entre os hospitais? São questões subjetivas de difícil resposta intuitiva. O capítulo a seguir tratará esse tema, central na elaboração deste trabalho e cuja solução seria determinante na tratativa do problema exposto.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao abordar problemas analíticos, envoltos por medidas quantitativas, somos habituados a adotar soluções determinísticas e/ou estatísticas, baseando-se em valores exatos e fórmulas explicitamente parametrizadas. Tal abordagem funciona em situações em que há uma clara dependência entre as variáveis, da forma que estamos acostumados a ver em aulas tradicionais de física mecânica ou matemática financeira. Nesses casos, o problema pode atingir um alto grau de complexidade, com um emaranhado de variáveis e utilização de modelos matemáticos sofisticados, mas não deixa de ter essencialmente um caráter objetivo, exato, uma resposta certa.

Como exposto no capítulo anterior, o problema abordado neste trabalho não tem um caráter exato ou objetivo. Não existe uma resposta certa incontestável. Mesmo que seja elaborado um modelo de priorização utopicamente perfeito, não há qualquer garantia de que o primeiro item na ordem de prioridade traga resultado maior do que o décimo ou até do que o centésimo. Busca-se um método que otimize o esforço analítico frente a toda essa incerteza, mas não há expectativa de um sistema que retorne uma resposta exata ou uma fórmula definitiva.

Portanto, a Lógica Fuzzy foi escolhida como técnica para atacar a subjetividade e incerteza do problema proposto. Introduzida por Zadeh (1965), a Lógica Fuzzy (ou difusa) se destaca por abandonar a lógica binária e probabilística que frequentemente adotamos para análises quantitativas.

Para exemplificar, digamos que em um processo seletivo, um pré-requisito necessário para participar é ter conhecimento avançado na língua inglesa. Quando dizemos, por exemplo, que 80% de uma turma tem formação em algum curso avançado de inglês, não há dúvida que qualquer membro desse subgrupo de 80% da turma atenda a esse pré-requisito e poderia participar do processo, e podemos afirmar também que ao selecionarmos aleatoriamente qualquer membro da turma inteira, teremos uma probabilidade de 80% de que esse membro esteja apto para o processo, se avaliado somente esse pré-requisito. Por outro lado, há 20% de chance de selecionar um membro que não é formado em inglês e possivelmente não tem qualquer familiaridade com a língua. Paralelamente, quando dizemos que um grupo de pessoas tem um grau de pertinência de 80% em relação à fluência na

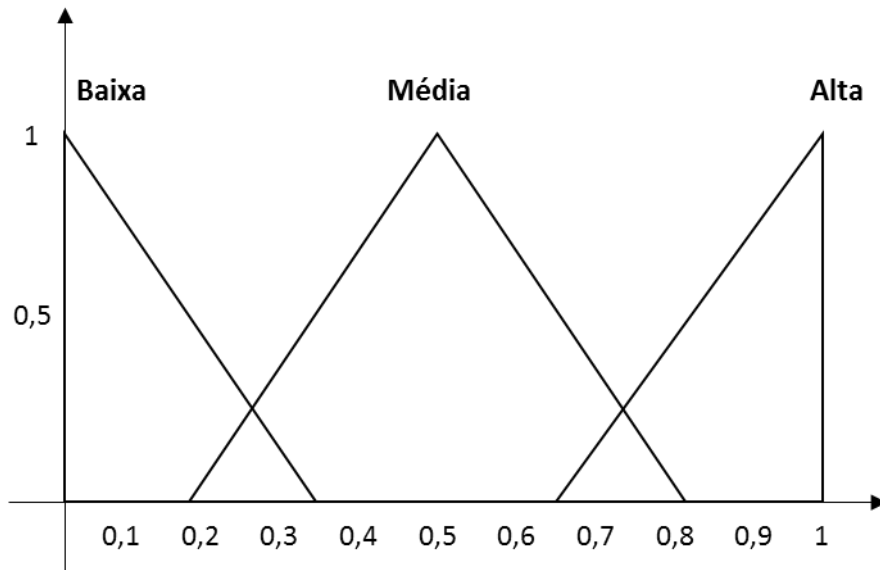
língua inglesa, independentemente de qualquer diploma ou certificado, podemos afirmar que não encontraremos nesse grupo de pessoas alguém que não tenha capacidade de se comunicar em inglês. Entretanto, não podemos afirmar que se enquadram no pré-requisito, pois nada sabemos quanto à formação dessas pessoas e se podemos classificar o conhecimento delas como “nível avançado”.

Não há uma verdade absoluta sobre qual grupo de pessoas seria mais adequado ao processo seletivo. No primeiro caso, temos a segurança da certificação, que seria uma variável binária (ou a pessoa tem formação em um curso de inglês avançado ou não tem), mas ao mesmo tempo existe o risco decorrente do aspecto probabilístico, pois nem todos desse grupo possuem a certificação. No segundo caso, não há risco de ter um indivíduo completamente alheio à língua, mas existe a incerteza de que “80% de pertinência em relação à fluência na língua inglesa” seja um conhecimento satisfatório ou equivalente a um curso avançado.

Conforme Ross (2004), sistemas de Lógica Fuzzy são úteis em duas situações: quando envolve sistemas de alta complexidade cujo comportamento não é perfeitamente compreendido ou quando soluções rápidas, porém aproximadas, se justificam. Evidentemente, este trabalho está mais alinhado à primeira situação – a segunda está mais relacionada a casos de automação de máquinas, por exemplo, em que há necessidade de reação imediata a condições externas.

O objetivo de relacionar logicamente fatores cuja correlação é incompreendida justifica a escolha de um sistema de Lógica Fuzzy como solução. Os sistemas de Lógica Fuzzy adotam variáveis linguísticas para modelar esse tipo de correlação de forma subjetiva, não exata, através de regras expressas em sentenças linguísticas, por exemplo, “se o faturamento é alto e a estabilidade é baixa, então a criticidade é média” (ZADEH, 1973). Vale ressaltar que as regras fazem uso da lógica proposicional tradicional do tipo “se ... então”, com operadores “e”, “ou”, “não”, etc. Uma sentença do tipo “se A é alto ou B é alto então C não é baixo” seria perfeitamente plausível como uma regra em um sistema Fuzzy. São usadas funções de pertinência para traduzir valores quantitativos nos termos linguísticos arbitrados – neste caso foram usados os termos “alto”, “médio” e “baixo”, mas poderiam ter sido escolhidos quaisquer outros adjetivos. Abaixo, um exemplo gráfico de funções de pertinência:





**Figura 1:** funções de pertinência

As funções de pertinência atribuem um grau de pertinência de uma entrada precisa em relação a uma variável linguística. Pelo exemplo da Figura 1, que representa o grau de pertinência no eixo vertical em função do dado de entrada do eixo horizontal, um valor de entrada 0,8 tem um grau de pertinência um pouco abaixo de 0,5 em relação à variável linguística “alta”. Um valor de entrada 0,75 tem graus de pertinência equivalentes para as variáveis “média” e “alta”, aproximadamente 0,3.

Assim, as regras são ativadas em função da pertinência dos dados de entrada, com as condições atendidas em graus de pertinência diferentes de zero, sendo que as regras ativadas com graus maiores de pertinência têm maior peso no resultado final. Esse mecanismo é realizado pela regra de inferência *max-min*, na qual o grau de ativação de cada regra linguística corresponde ao menor grau de pertinência entre as condições atendidas, mas entre as regras ativadas para um mesmo termo linguístico prevalece a de maior grau de ativação.

Exemplificando de forma prática, consideremos três regras:

- 1) Se o faturamento é alto e a estabilidade é alta, então a criticidade é alta;
- 2) Se o faturamento é alto e a estabilidade é média, então a criticidade é média;
- 3) Se o faturamento é alto, então a criticidade é alta.

Faturamento e estabilidade são dados de entrada e criticidade é o valor de saída procurado. Para simplificar, consideremos que os três atributos são mensurados pelas mesmas funções de pertinência expostas na Figura 1. Adotando os valores 0,825 para o faturamento e 0,750 para a estabilidade, temos os seguintes graus de pertinência:

- **Faturamento:** 0,5 de pertinência para a variável alta;
- **Estabilidade:** 0,3 de pertinência para a variável média e 0,3 para a variável alta.

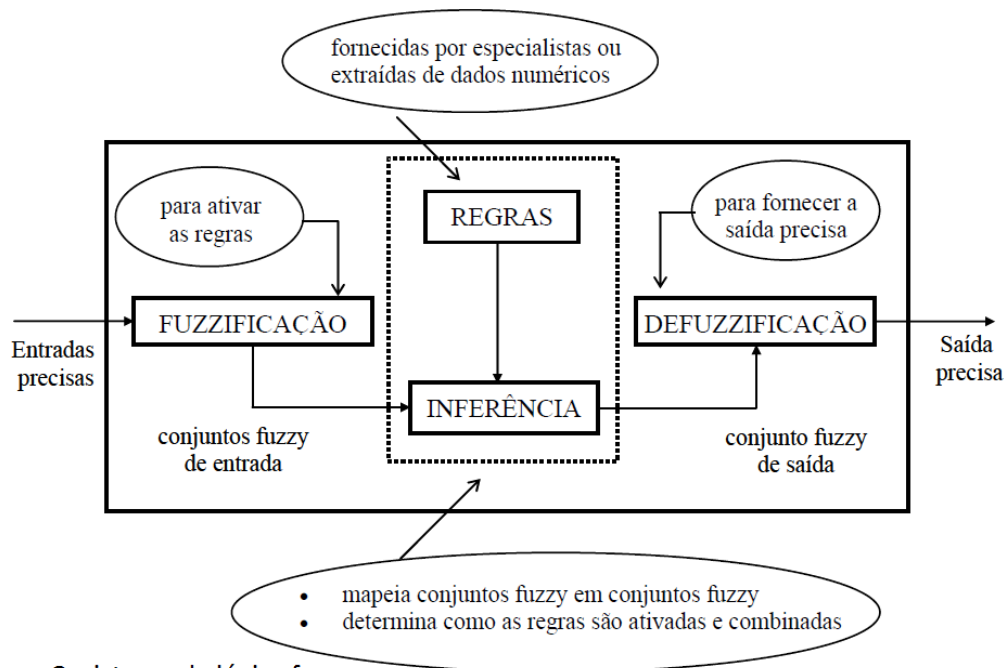
Com isso, as três regras foram ativadas. Aplicando a regra de inferência *max-min* nas regras ativadas:

- 1) 0,5 faturamento alto x 0,3 estabilidade alta = 0,3 criticidade alta;
- 2) 0,5 faturamento alto x 0,3 estabilidade média = 0,3 criticidade média;
- 3) 0,5 faturamento alto = 0,5 criticidade alta.

Entre as duas regras ativadas com a mesma variável linguística de saída, prevalece o maior grau de ativação, portanto temos um conjunto Fuzzy de saída com pertinência 0,5 (alta) e 0,3 (média).

Não conseguimos interpretar esse conjunto Fuzzy intuitivamente e de forma objetiva, a ponto de tomar qualquer decisão embasada nesses valores. Para isso, é necessário um método de defuzzificação, que traduz esse conjunto em uma saída precisa. A defuzzificação será feita pelo método do centro de gravidade, que representa o ponto médio considerando as diferentes variáveis linguísticas de saída ativadas e seus respectivos pesos definidos pela regra *max-min*.

Enfim, temos um valor de saída preciso em função de atributos de entrada correlacionados através de regras linguísticas, com funções de pertinência e métodos matemáticos (regra *max-min* e centro de gravidade) realizando a tradução de valores exatos em valores Fuzzy e vice-versa. O diagrama abaixo resume visualmente o funcionamento do sistema de Lógica Fuzzy:



**Figura 2:** sistema de lógica fuzzy

Mamdani (1975) foi um dos primeiros a elaborar um sistema Fuzzy adotando variáveis e regras linguísticas obtidas através de operadores humanos experientes, com o objetivo de controlar automaticamente a combinação de um motor a vapor e uma caldeira. Entretanto, automação não é a única aplicação que sistemas baseados em Lógica Fuzzy podem oferecer. A técnica de Lógica Fuzzy já foi utilizada como uma metodologia de inferência para realizar uma priorização em função de atributos diversos. Kristekova et al. (2012) apresenta um método de priorização do desenvolvimento de soluções de TI, envolvendo fatores técnicos, comerciais e organizacionais. Outro exemplo similar é apresentado por Zeng & Li (2014), que realiza um ranqueamento de times de futebol a partir de dados estatísticos como o número de vitórias, derrotas, gols marcados e sofridos, etc. Mais uma aplicação de priorização baseada em Lógica Fuzzy foi elaborada por Wilson, Devillers & Hoerber (2012) para ordenar os resultados de uma ferramenta de busca de dados geográficos em um serviço online.

Na área de saúde, Johnson-Masoti & Eva (2002) elaboraram um modelo de priorização para aquisição de novas tecnologias através da avaliação de critérios com pesos específicos, com funcionamento similar ao *Balanced Scorecard* (KAPLAN, NORTON & DAVID, 1996), obtendo assim um valor final para cada equipamento avaliado. Apesar de simples e intuitivo, tal método não serviria

como solução para o problema apresentado neste trabalho por dois principais motivos: as avaliações são opinativas, sem uma metodologia específica para quantificar os pontos subjetivos abordados; e a correlação entre os critérios não é considerada, tornando as diferentes possibilidades de sinergia não aproveitadas pelo modelo.

No próximo capítulo, será mostrado como os dados brutos dos atributos escolhidos foram normalizados em entradas precisas, e as funções de pertinência desenhadas em conjunto com a definição de regras linguísticas para que a saída precisa seja o mais compatível possível com a realidade esperada, permitindo assim a priorização dos itens de forma otimizada e automatizada, resolvendo assim o problema da subjetividade e incerteza dos fatores envolvidos e a interação entre eles.

## 4. ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de inferir um indicador de prioridade diretamente proporcional ao potencial de retorno financeiro do item, foram escolhidos seis atributos como dados de entrada: **codificação, glosa, faturamento, estabilidade, precificação e distribuição**. O conceito e método de medição por trás de cada atributo será detalhado a seguir. Definidos os atributos que serão usados como dados de entrada, o próximo passo é normalizar esses dados para que o sistema funcione de forma eficiente. Para simplificar, os dados de cada atributo foram normalizados para valores entre 0 e 1. Foi desenhada uma função ou método de normalização adequado para cada atributo, conforme exposto abaixo:

- 1) **Codificação:** quantificação da gravidade das inconsistências de codificação do item.

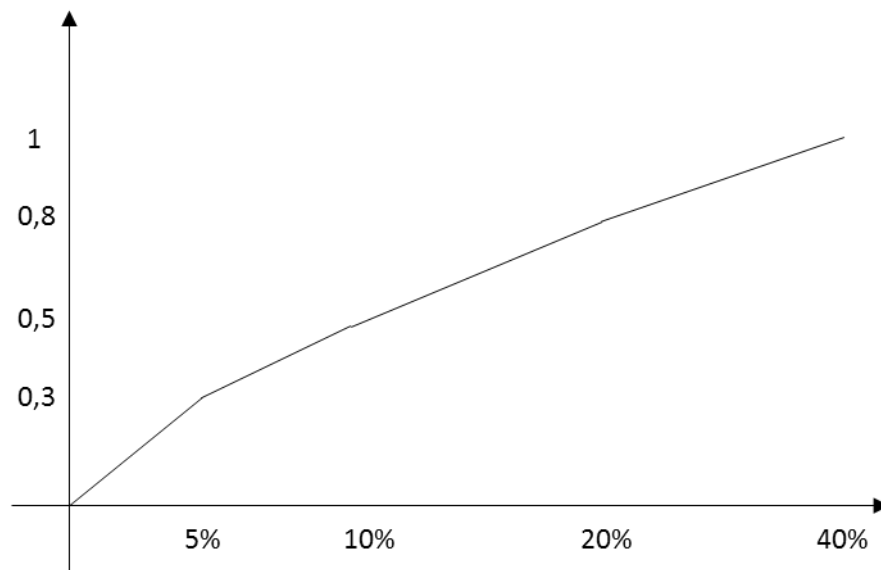
Foram definidos três níveis de gravidade dessas inconsistências: as inconsistências de gravidade alta ocasionam alto risco de glosa e congelamento da precificação; as de gravidade média não interferem na precificação mas ainda oferecem alto risco de glosa; e as de gravidade baixa têm pouca influência na glosa mas têm importância do ponto de vista informacional do cadastro.

O valor de entrada do atributo Codificação será a soma dos níveis de gravidade, sendo: alta = 0,6; média = 0,3 e baixa = 0,1. Um item que não tenha nenhuma inconsistência de codificação terá valor de entrada igual a 0 nesse atributo. É possível ter os três níveis somados, atingindo o grau máximo 1, mas não pode ter mais de uma inconsistência do mesmo nível de gravidade – não poderia ter duas de nível de alta, por exemplo – não sendo possível ultrapassar o valor 1.

- 2) **Glosa:** razão entre a glosa potencialmente relacionada ao cadastro e/ou parametrizações do item em sistema e o faturamento total do item nos últimos 12 meses.

Para realizar esse cálculo, são somados os valores de glosa por motivos que podem ter sido decorrentes de questões cadastrais ou sistêmicas – principalmente relacionados ao preço ou identificação do item – e dividido

pelo valor total que seria pago caso não houvesse glosa. Finalmente esse percentual é normalizado em valores entre 0 e 1, conforme função abaixo:



**Figura 3:** função de normalização do atributo Glosa

A função exposta na Figura 3 é composta por quatro funções lineares. O intervalo de 0% a 5% de glosa é linearmente convertido no intervalo entre 0 e 0,3; de 5% a 10% em 0,3 e 0,5; de 10% a 20% em 0,5 e 0,8; de 20% a 40% em 0,8 e 1. Qualquer valor acima de 40% de glosa será considerado equivalente a 1, nível máximo do atributo.

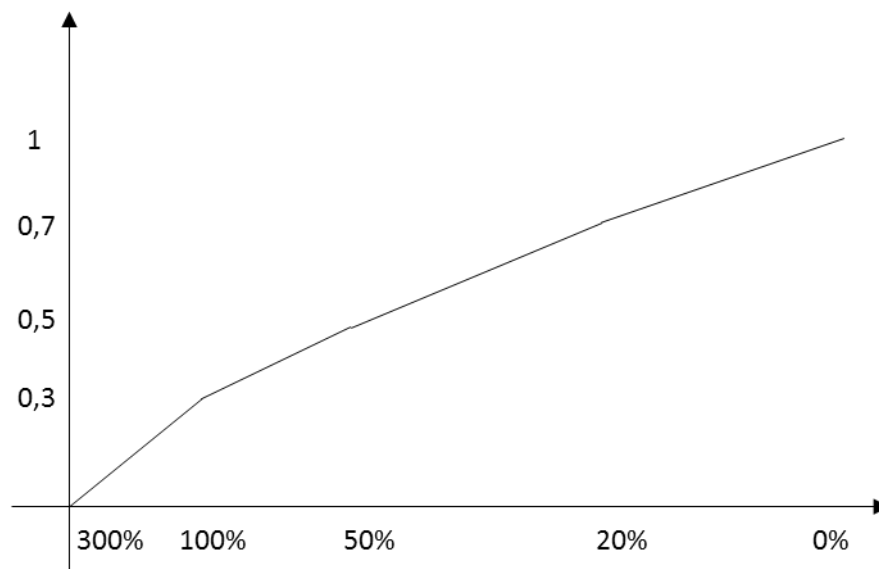
- 3) **Faturamento:** posição do item frente ao universo analisado em relação ao valor total faturado nos últimos 12 meses.

O valor de entrada de cada item nesse atributo será a razão obtida entre a soma acumulada de todos itens com faturamento menor que o item em questão e o faturamento total de todos os itens, sempre com base nos últimos 12 meses. Exemplificando, consideremos um item com faturamento de R\$ 1 milhão. O valor de entrada do atributo Faturamento será a razão da soma do faturamento de todos os itens com faturamento menor do que R\$ 1 milhão pela soma do faturamento de todos os itens. Se a soma do faturamento de todos os itens abaixo de R\$ 1 milhão representa 20% do faturamento total, por exemplo, o valor de entrada do item será 0,2 no atributo Faturamento. Assim, o valor de entrada será similar a uma curva de Pareto: o item com maior faturamento terá valor de entrada 1, já

que a soma de todos os itens menos representativos será igual à totalidade do faturamento, e o item de menor faturamento tenderá a zero, pelo motivo oposto.

- 4) **Estabilidade:** coeficiente de variação do consumo mensal ao longo dos últimos 12 meses.

O consumo mensal é dado pela quantidade consumida pelo item no mês (500 cateteres, 1500 agulhas, etc.). É calculado o desvio padrão do consumo mensal e dividido pela média desse consumo, considerando sempre os últimos 12 meses. O coeficiente de variação obtido é então convertido no valor de entrada do atributo Estabilidade pela função de normalização abaixo:

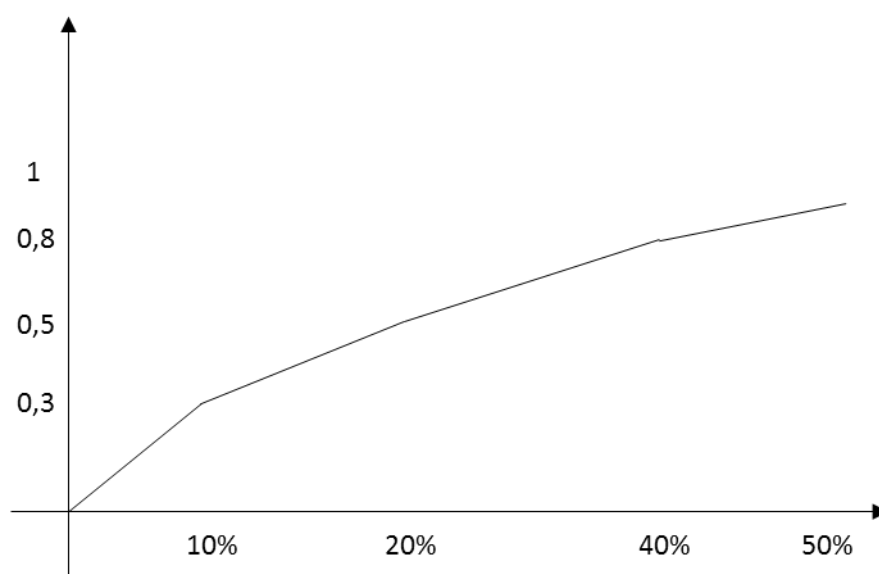


**Figura 4:** função de normalização do atributo Estabilidade

O método de normalização do atributo Estabilidade é semelhante ao utilizado para o atributo Glosa, com intervalos lineares. Porém, o crescimento da “curva” é inverso, ou seja, quanto menor a variação percentual, maior a estabilidade. Com isso, o valor de entrada máximo 1 é atingido somente para coeficientes de variação iguais a 0%. Por outro lado, variações médias de consumo acima de 300% equivalem a um valor de entrada 0 nesse atributo.

- 5) **Precificação:** coeficiente de variação da diferença entre o preço de venda e de compra do item nos hospitais.

Inicialmente, foi necessário levantar o preço unitário da compra de cada item, ou seja, a média de preço pago por cada hospital nos últimos 12 meses, e também a média do preço unitário de venda, ou seja, o valor médio cobrado por cada hospital aos convênios ou pacientes particulares (sem plano de saúde) nesse mesmo período. Em seguida, é realizada a subtração entre o valor de venda e o de compra e, por fim, calculado o coeficiente de variação dessa diferença entre os hospitais que utilizam o item. O coeficiente de variação é então normalizado de forma análoga aos atributos Glosa e Estabilidade:



**Figura 5:** função de normalização do atributo Precificação

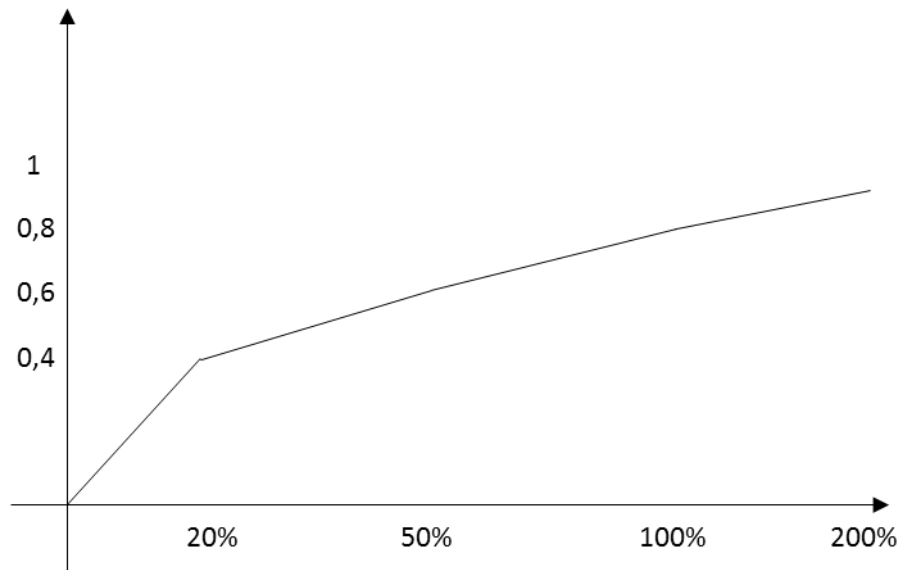
No caso do atributo Precificação, o valor de entrada máximo 1 é atingido com um coeficiente de variação maior ou igual a 50%.

- 6) **Distribuição:** coeficiente de variação do consumo entre os hospitais nos últimos 12 meses.

Diferente do atributo Estabilidade, que mede a variação do consumo somado de todos hospitais a cada mês, o atributo Distribuição é obtido comparando a quantidade consumida do item em cada hospital nos últimos 12 meses somados. O consumo é então fracionado pelo número de diárias faturadas pelo hospital correspondente no mesmo período, evitando dessa forma possíveis distorções que seriam provocadas pelas diferenças de tamanho e rotatividade entre os hospitais (número de leitos x ocupação



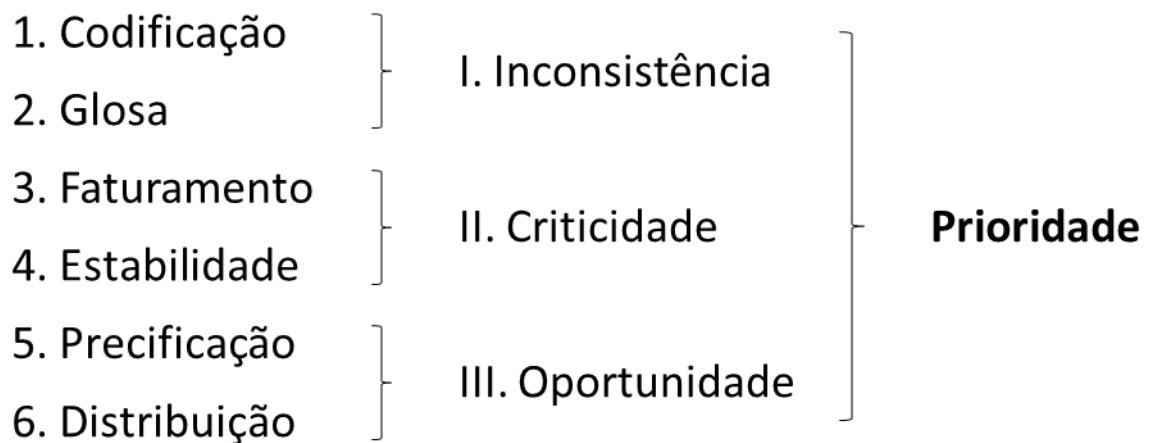
média). O coeficiente de variação do consumo entre hospitais é normalizado pela função abaixo:



**Figura 6:** função de normalização do atributo Distribuição

O valor de entrada máximo para o atributo Distribuição corresponde a coeficientes de variação acima de 200%.

Tendo todos os dados de entrada normalizados, é possível construir a arquitetura lógica do sistema Fuzzy. Optou-se por adotar um sistema com uma estrutura com dois níveis de inferência:



**Figura 7:** estrutura do sistema fuzzy proposto

A estrutura proposta utiliza cada uma das três duplas de atributos como valores de entrada e tem como saída três atributos intermediários

(Inconsistência, Criticidade e Oportunidade), que por sua vez são os dados de entrada para a inferência final que determinará o valor de saída denominado Prioridade. Logo, a estrutura é composta por três sistemas Fuzzy em um primeiro nível, cujos valores de saída são as entradas para mais um sistema Fuzzy no segundo nível.

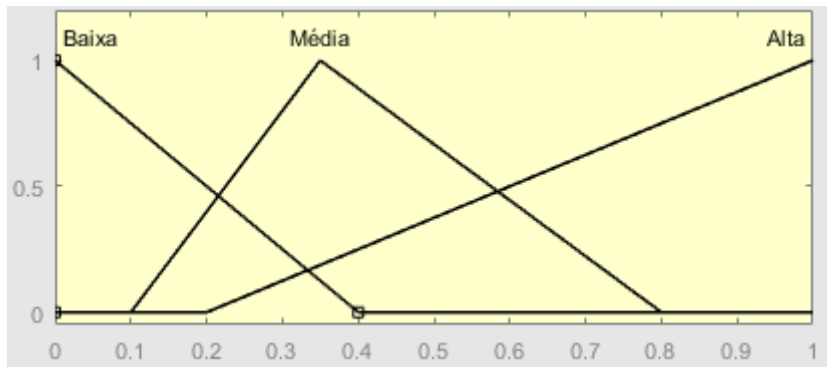
O primeiro atributo intermediário é o valor de saída do sistema Fuzzy que tem como entrada os atributos Codificação e Glosa, com a intenção de quantificar o nível de inconsistência do item. Quanto maior o valor de Inconsistência, portanto, maior o risco de ter perdas com precificação defasada e glosas por codificação e outros parâmetros cadastrais.

O segundo atributo, Criticidade, é medido em função da representatividade do Faturamento e Estabilidade. Evidentemente, quanto maior for o faturamento do item, mais crítico será para a rede hospitalar. No entanto, itens com alta oscilação de consumo tendem a ser menos críticos, pois supõe-se que a demanda por esses itens não é constante.

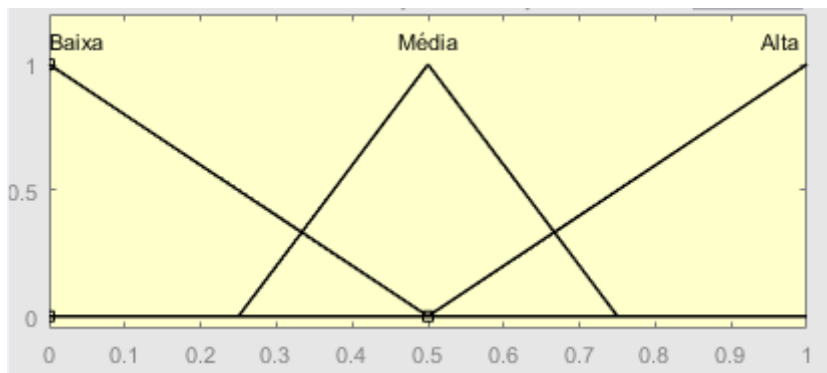
Por fim, o terceiro atributo é uma inferência sobre as variações de preço e consumo entre os hospitais. A nomenclatura “Oportunidade” foi dada em função das possibilidades decorrentes da análise dos casos em que Precificação e Distribuição atingem níveis altos. Não deveria haver muita diferença nos preços entre os hospitais para o mesmo item, mesmo considerando questões como a localização e o perfil dos hospitais. Um alto valor do atributo Precificação pode refletir condições comerciais e logísticas sem padrões definidos para o item em questão. No caso da Distribuição, se a diferença de consumo é exorbitante entre os hospitais, é um indício de que são utilizados substitutos para o mesmo produto e assim o consumo é distribuído em mais de um item cadastrado. Assim sendo, o atributo Oportunidade pondera em um único valor numérico as possibilidades de ganho com padronização do produto na rede hospitalar.

A seguir, serão definidas as funções de pertinência das entradas e saídas de cada sistema Fuzzy. Foram escolhidas as variáveis linguísticas “Alta”, “Média” e “Baixa” para todas entradas e saídas, exceto para saída final Prioridade, em que foram adicionados os termos linguísticos extremos

“Muito Baixa” e “Muito Alta”. Inicialmente, temos os atributos de entrada Codificação e Glosa:

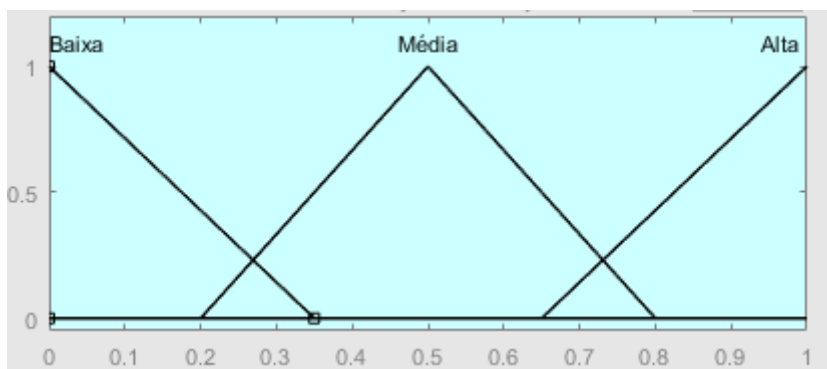


**Figura 8:** funções de pertinência do atributo Codificação



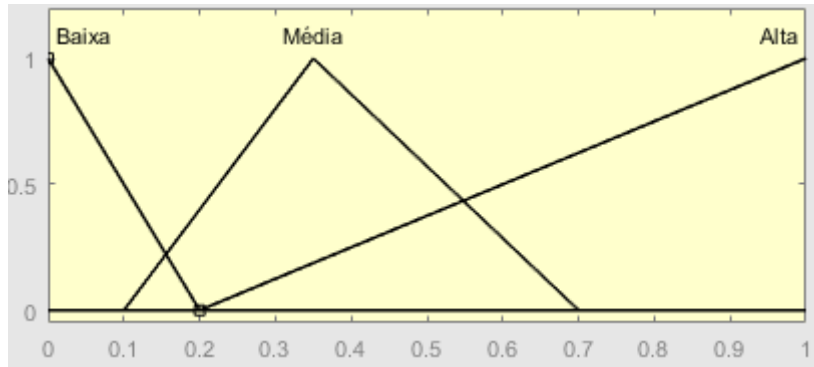
**Figura 9:** funções de pertinência do atributo Glosa

A saída Inconsistência:

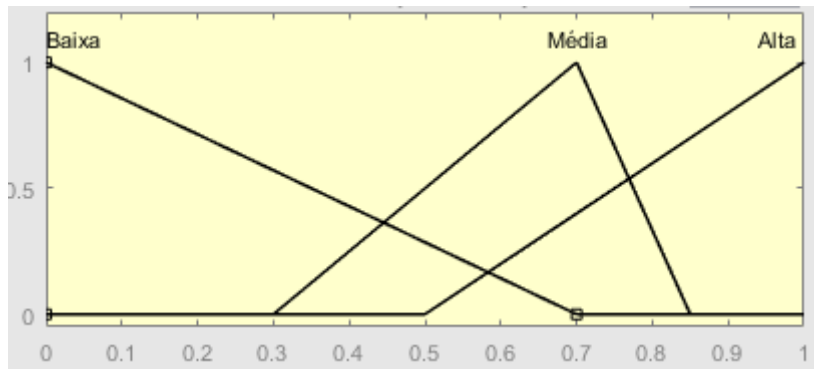


**Figura 10:** funções de pertinência da saída Inconsistência

No próximo sistema Fuzzy da estrutura, as entradas Faturamento e Estabilidade:

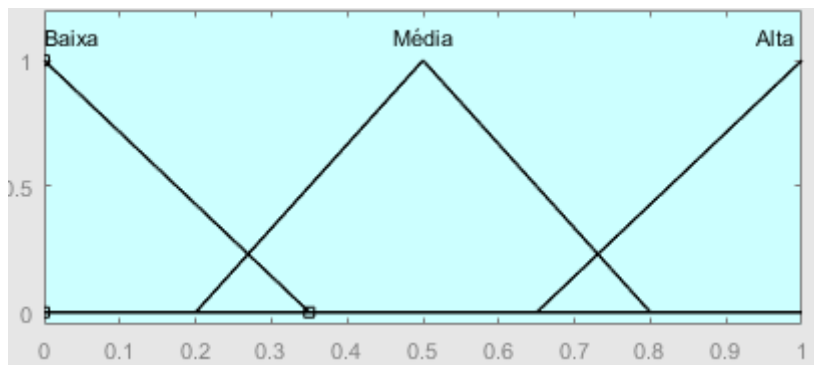


**Figura 11:** funções de pertinência do atributo Faturamento



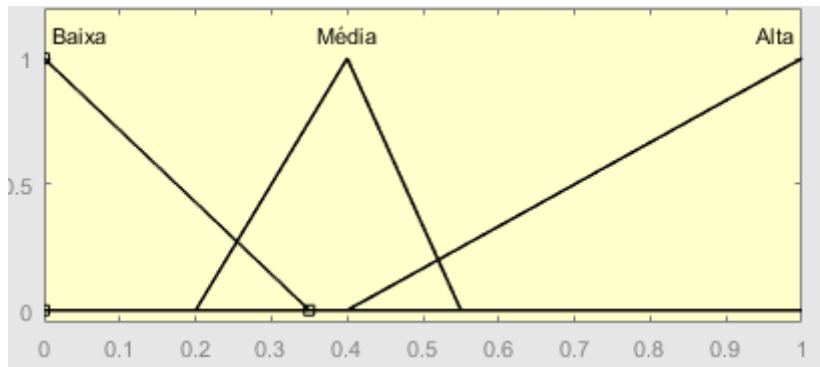
**Figura 12:** funções de pertinência do atributo Estabilidade

A saída Criticidade:

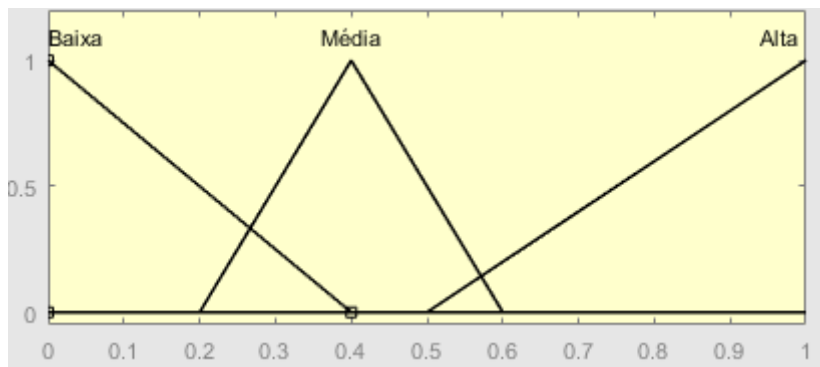


**Figura 13:** funções de pertinência da saída Criticidade

No terceiro e último sistema Fuzzy do primeiro nível da estrutura, as entradas Precificação e Distribuição:

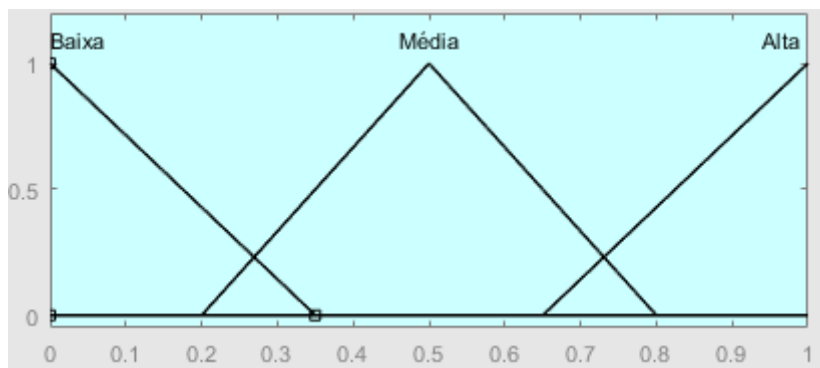


**Figura 14:** funções de pertinência do atributo Precificação



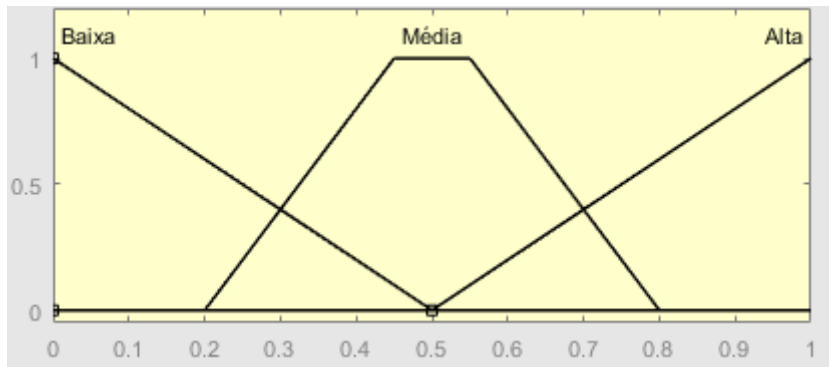
**Figura 15:** funções de pertinência do atributo Distribuição

A saída Oportunidade:

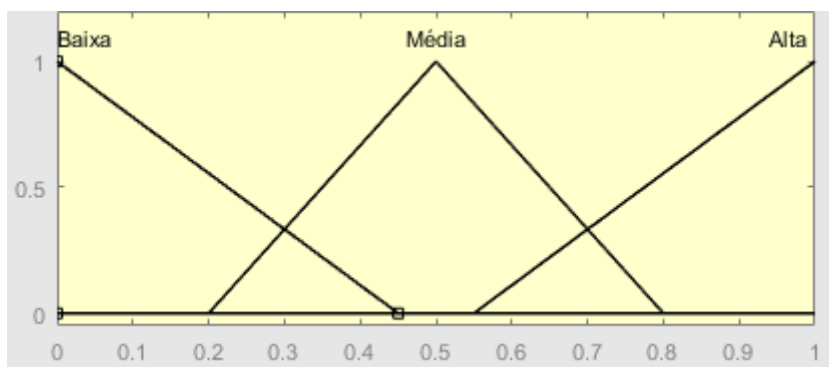


**Figura 16:** funções de pertinência da saída Oportunidade

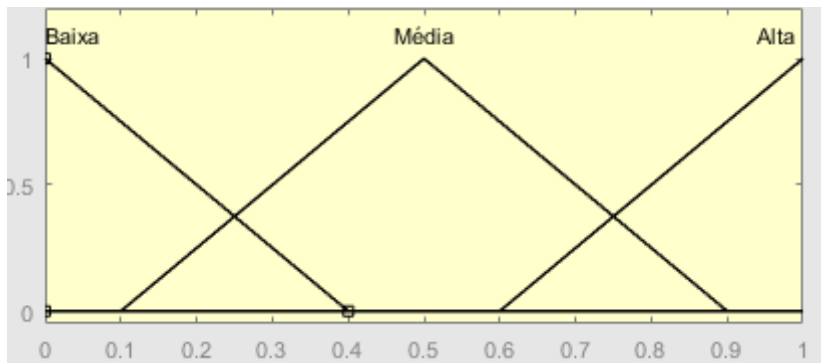
No segundo nível da estrutura, temos o sistema Fuzzy com as entradas Inconsistência, Criticidade e Oportunidade:



**Figura 17:** funções de pertinência do atributo Inconsistência

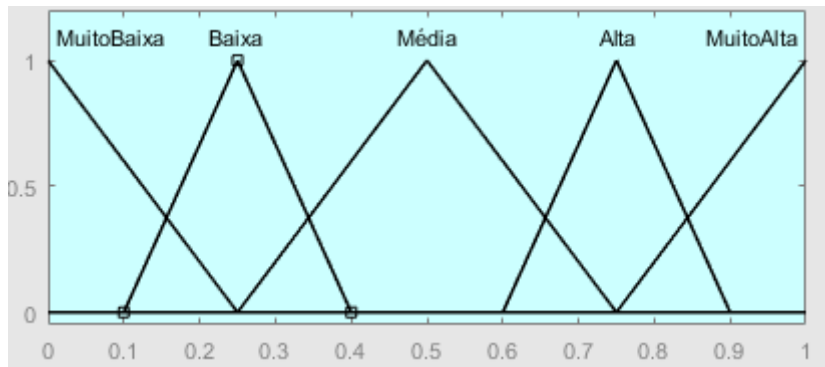


**Figura 18:** funções de pertinência do atributo Criticidade



**Figura 19:** funções de pertinência do atributo Oportunidade

E, por fim, a saída Prioridade:



**Figura 20:** funções de pertinência da saída Prioridade

Vale ressaltar que as funções de pertinência foram desenhadas inicialmente de forma intuitiva, assim como as regras linguísticas. Após uma análise inicial do comportamento do modelo e com auxílio de uma geração aleatória de valores de entrada, as funções de pertinência e regras linguísticas foram ajustadas para atingir o nível desejado de coerência do modelo, considerando a experiência especializada no ramo hospitalar.

Cada sistema Fuzzy do modelo tem as suas próprias regras linguísticas. As regras linguísticas são sentenças lógicas que correlacionam atributos de entrada e de saída com o uso das variáveis linguísticas definidas nas funções de pertinência de cada atributo. É possível manipular o peso das regras linguísticas, o que foi feito para adequação do modelo (nas figuras a seguir, o peso corresponde ao número à direita de cada regra). No total, o modelo adotou 66 regras linguísticas, divididas nos sistemas Fuzzy conforme a seguir:

1. If (Codificação is Alta) and (Glosa is Alta) then (Inconsistência is Alta) (1)
2. If (Codificação is Alta) and (Glosa is Média) then (Inconsistência is Alta) (1)
3. If (Codificação is Alta) and (Glosa is Baixa) then (Inconsistência is Média) (1)
4. If (Codificação is Média) and (Glosa is Alta) then (Inconsistência is Alta) (1)
5. If (Codificação is Média) and (Glosa is Média) then (Inconsistência is Média) (1)
6. If (Codificação is Média) and (Glosa is Baixa) then (Inconsistência is Baixa) (1)
7. If (Codificação is Baixa) and (Glosa is Alta) then (Inconsistência is Média) (1)
8. If (Codificação is Baixa) and (Glosa is Média) then (Inconsistência is Média) (1)
9. If (Codificação is Baixa) and (Glosa is Baixa) then (Inconsistência is Baixa) (1)
10. If (Glosa is Alta) then (Inconsistência is Alta) (1)
11. If (Glosa is Baixa) then (Inconsistência is Baixa) (1)
12. If (Codificação is Baixa) then (Inconsistência is Baixa) (1)
13. If (Glosa is Média) then (Inconsistência is Média) (1)
14. If (Codificação is Média) then (Inconsistência is Média) (1)
15. If (Codificação is Alta) then (Inconsistência is Alta) (1)

**Figura 21:** regras linguísticas com a saída Inconsistência

1. If (Faturamento is Alta) and (Estabilidade is Alta) then (Criticidade is Alta) (1)
2. If (Faturamento is Alta) and (Estabilidade is Média) then (Criticidade is Alta) (1)
3. If (Faturamento is Alta) and (Estabilidade is Baixa) then (Criticidade is Média) (1)
4. If (Faturamento is Média) and (Estabilidade is Alta) then (Criticidade is Média) (1)
5. If (Faturamento is Média) and (Estabilidade is Média) then (Criticidade is Média) (1)
6. If (Faturamento is Média) and (Estabilidade is Baixa) then (Criticidade is Baixa) (1)
7. If (Faturamento is Baixa) and (Estabilidade is Alta) then (Criticidade is Média) (1)
8. If (Faturamento is Baixa) and (Estabilidade is Média) then (Criticidade is Baixa) (1)
9. If (Faturamento is Baixa) and (Estabilidade is Baixa) then (Criticidade is Baixa) (1)
10. If (Faturamento is Alta) then (Criticidade is Alta) (1)
11. If (Faturamento is Média) then (Criticidade is Média) (1)
12. If (Faturamento is Baixa) then (Criticidade is Baixa) (1)
13. If (Estabilidade is Baixa) then (Criticidade is Baixa) (0.5)
14. If (Estabilidade is Média) then (Criticidade is Média) (0.5)

**Figura 22:** regras linguísticas com a saída Criticidade

1. If (Precificação is Alta) and (Distribuição is Alta) then (Oportunidade is Alta) (1)
2. If (Precificação is Alta) and (Distribuição is Média) then (Oportunidade is Alta) (1)
3. If (Precificação is Alta) and (Distribuição is Baixa) then (Oportunidade is Média) (1)
4. If (Precificação is Média) and (Distribuição is Alta) then (Oportunidade is Alta) (1)
5. If (Precificação is Média) and (Distribuição is Média) then (Oportunidade is Média) (1)
6. If (Precificação is Média) and (Distribuição is Baixa) then (Oportunidade is Baixa) (1)
7. If (Precificação is Baixa) and (Distribuição is Alta) then (Oportunidade is Média) (1)
8. If (Precificação is Baixa) and (Distribuição is Média) then (Oportunidade is Média) (1)
9. If (Precificação is Baixa) and (Distribuição is Baixa) then (Oportunidade is Baixa) (1)
10. If (Precificação is Alta) then (Oportunidade is Alta) (0.5)
11. If (Distribuição is Alta) then (Oportunidade is Alta) (1)
12. If (Precificação is Média) then (Oportunidade is Média) (0.25)
13. If (Distribuição is Média) then (Oportunidade is Média) (0.25)
14. If (Distribuição is Baixa) then (Oportunidade is Baixa) (0.25)

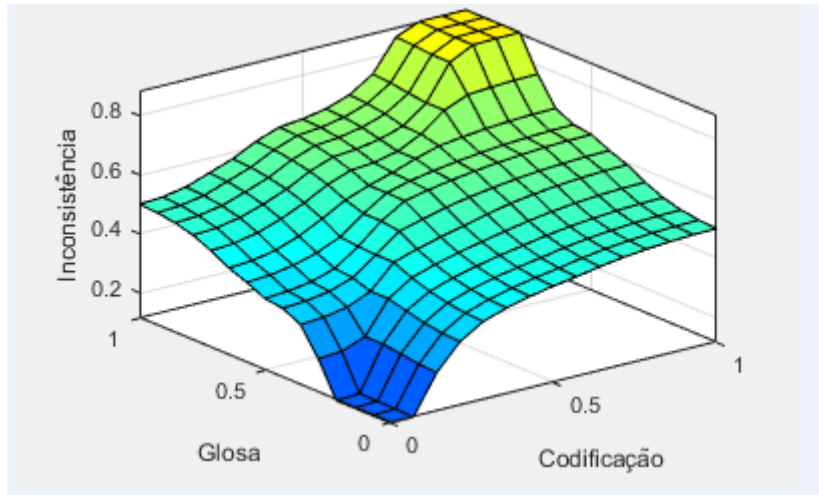
**Figura 23:** regras linguísticas com a saída Oportunidade

1. If (Inconsistência is Alta) and (Criticidade is Alta) then (Prioridade is MuitoAlta) (1)
2. If (Inconsistência is Alta) and (Criticidade is Média) then (Prioridade is Alta) (1)
3. If (Inconsistência is Alta) and (Criticidade is Baixa) then (Prioridade is Baixa) (1)
4. If (Inconsistência is Média) and (Criticidade is Alta) then (Prioridade is Alta) (1)
5. If (Inconsistência is Média) and (Criticidade is Média) then (Prioridade is Média) (1)
6. If (Inconsistência is Média) and (Criticidade is Baixa) then (Prioridade is Baixa) (1)
7. If (Inconsistência is Baixa) and (Criticidade is Alta) then (Prioridade is Média) (1)
8. If (Inconsistência is Baixa) and (Criticidade is Média) then (Prioridade is Baixa) (1)
9. If (Inconsistência is Baixa) and (Criticidade is Baixa) then (Prioridade is MuitoBaixa) (1)
10. If (Criticidade is Alta) and (Oportunidade is Alta) then (Prioridade is MuitoAlta) (1)
11. If (Criticidade is Média) and (Oportunidade is Alta) then (Prioridade is Alta) (1)
12. If (Criticidade is Baixa) and (Oportunidade is Alta) then (Prioridade is Baixa) (1)
13. If (Criticidade is Alta) and (Oportunidade is Média) then (Prioridade is Alta) (1)
14. If (Criticidade is Média) and (Oportunidade is Média) then (Prioridade is Média) (1)
15. If (Criticidade is Baixa) and (Oportunidade is Média) then (Prioridade is Baixa) (1)
16. If (Criticidade is Alta) and (Oportunidade is Baixa) then (Prioridade is Média) (1)
17. If (Criticidade is Média) and (Oportunidade is Baixa) then (Prioridade is Baixa) (1)
18. If (Criticidade is Baixa) and (Oportunidade is Baixa) then (Prioridade is MuitoBaixa) (1)
19. If (Inconsistência is Alta) then (Prioridade is Alta) (0.2)
20. If (Inconsistência is Média) then (Prioridade is Média) (0.1)
21. If (Criticidade is Alta) then (Prioridade is Alta) (1)
22. If (Criticidade is Média) then (Prioridade is Média) (1)
23. If (Criticidade is Baixa) then (Prioridade is Baixa) (0.2)

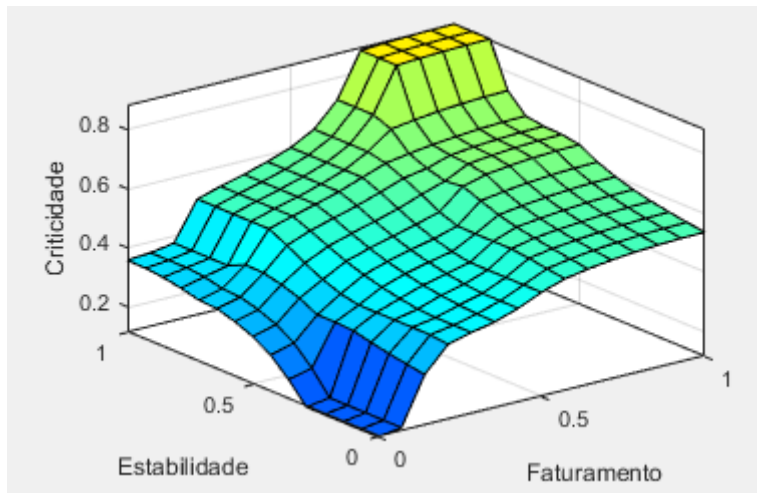


**Figura 24:** regras linguísticas com a saída Prioridade

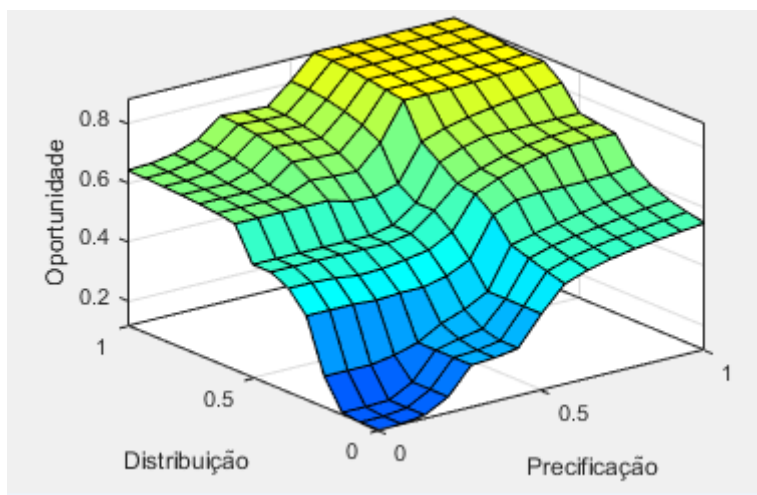
Finalmente, o aplicativo do MATLAB permite observar graficamente o comportamento de cada sistema Fuzzy de forma tridimensional. Os atributos de entrada são representados nos eixos x e y, e a saída resultante no eixo z:



**Figura 25:** gráfico de superfície com a saída Inconsistência

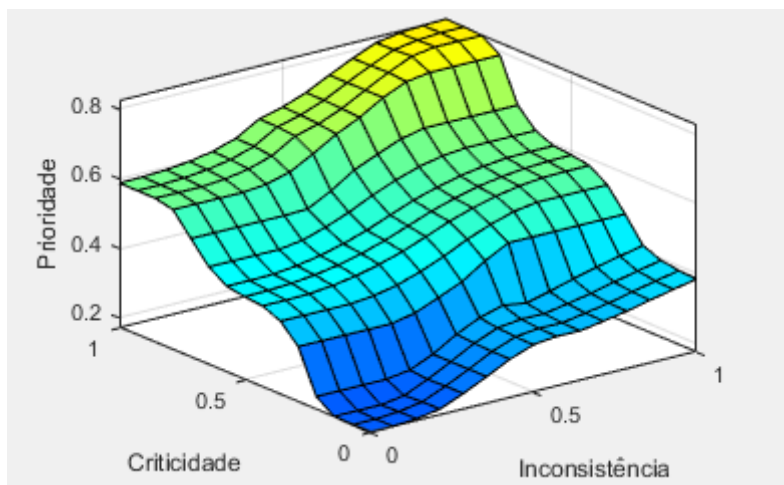


**Figura 26:** gráfico de superfície com a saída Criticidade

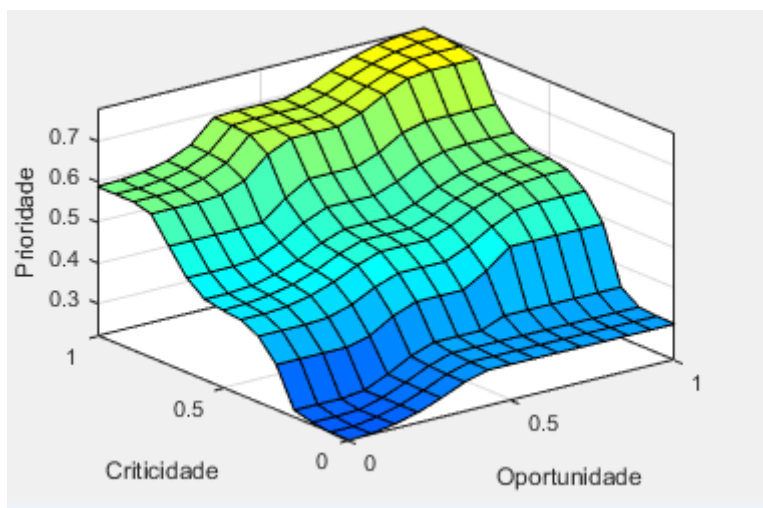


**Figura 27:** gráfico de superfície com a saída Oportunidade

Por utilizar quatro variáveis (três entradas e uma saída), o sistema Fuzzy final não pode ser representado tridimensionalmente. Entretanto, é mais interessante representar a saída Prioridade em função dos atributos Criticidade/Inconsistência e Criticidade/Oportunidade separadamente:



**Figura 28:** gráfico de superfície com entradas Criticidade e Inconsistência



**Figura 29:** gráfico de superfície com entradas Criticidade e Oportunidade

A partir dos gráficos de superfície é possível observar algumas características do modelo proposto que refletem a expectativa de sua aplicação prática. O atributo Faturamento, em comparação com a Estabilidade, tem muito mais peso no resultado da saída Criticidade. Isso se dá porque um item que movimenta altos valores, mesmo com consumo instável, tem impacto muito maior para a organização do que um item menos volátil e irrelevante financeiramente. Algo análogo acontece no segundo nível da estrutura, com a Criticidade sendo mais determinante no valor final de Prioridade, já que o retorno com correções de inconsistências e oportunidades de padronização não seria representativo para itens menos críticos.

Foram escolhidos 20 itens de diferentes patamares de faturamento para testar o modelo. Vale ressaltar que o desenvolvimento da versão do modelo apresentada neste capítulo contou com ajustes decorrentes de uma simulação aleatória de valores de entrada, além da avaliação dos gráficos de superfície, que permitem uma observação prévia do comportamento do modelo. Abaixo, a lista de itens com os respectivos valores de entrada, ordenados pelo atributo Faturamento:

#	Descrição	Codificação	Glosa	Faturamento	Estabilidade	Precificação	Distribuição
1	Equipo gravitacional	0,10	0,17	1,00	0,90	0,16	0,36
2	Pinça para biopsia	0,10	0,86	0,81	0,84	0,19	0,87
3	Soro fisiológico	0,10	0,14	0,71	0,91	0,11	0,25
4	Tesoura coaguladora	0,40	0,89	0,67	0,65	0,33	0,94
5	Seringa 10ml	0,10	0,17	0,61	0,74	0,14	0,37
6	Grampeador endoscópico	0,40	0,32	0,58	0,69	0,21	0,68
7	Cateter	0,40	0,26	0,55	0,69	0,18	0,69
8	Novalgina	0,00	0,09	0,51	0,91	0,06	0,33
9	Avental tamanho G	0,40	0,18	0,45	0,83	0,03	0,92
10	Emulsão lipídica	1,00	0,80	0,44	0,60	1,00	0,87
11	Dieta parenteral	1,00	0,88	0,42	0,66	1,00	0,92
12	Marcapasso cardíaco	1,00	0,46	0,40	0,42	0,82	0,77
13	Stent	1,00	1,00	0,20	0,23	0,04	0,96
14	Conector	1,00	0,99	0,18	0,39	0,13	0,98
15	Gaiola cervical	0,40	0,96	0,18	0,03	0,00	1,00
16	Sutura de prolipopileno	0,10	0,38	0,16	0,65	0,35	0,60
17	Parafuso	0,40	0,00	0,15	0,00	0,00	1,00
18	Soro glicosado	0,40	0,14	0,14	0,79	0,17	0,59
19	Gel lubrificante	1,00	1,00	0,12	0,70	1,00	1,00
20	Micromola	1,00	0,00	0,04	0,00	0,00	1,00

**Figura 30:** amostragem de itens com os respectivos valores de entrada

A descrição dos itens foi simplificada e tornada genérica intencionalmente. As descrições originais especificam medidas, modelo/linha do item e referência do fabricante, entre outras informações possíveis, especificando o item minuciosamente, sendo possível ter produtos substitutos cadastrados como itens diferentes no sistema.

Com as inferências realizadas, foram obtidos os seguintes valores intermediários e finais, ordenados pela saída Prioridade:

#	Descrição	Inconsistência	Criticidade	Oportunidade	Prioridade
2	Pinça para biopsia	0,498	0,844	0,665	0,712
4	Tesoura coaguladora	0,636	0,628	0,757	0,596
11	Dieta parenteral	0,887	0,557	0,884	0,589
1	Equipo gravitacional	0,120	0,887	0,466	0,588
3	Soro fisiológico	0,120	0,875	0,343	0,588
10	Emulsão lipídica	0,887	0,540	0,880	0,586
12	Marcapasso cardíaco	0,624	0,469	0,869	0,581
19	Gel lubrificante	0,887	0,385	0,887	0,560
14	Conector	0,887	0,375	0,655	0,555
13	Stent	0,887	0,372	0,642	0,554
6	Grampeador endoscópico	0,477	0,625	0,627	0,537
7	Cateter	0,457	0,619	0,628	0,526
9	Avental tamanho G	0,437	0,583	0,640	0,509
15	Gaiola cervical	0,642	0,341	0,642	0,508
5	Seringa 10ml	0,120	0,654	0,476	0,472
16	Sutura de prolipopileno	0,343	0,428	0,622	0,450
18	Soro glicosado	0,430	0,376	0,616	0,448
8	Novalgina	0,113	0,609	0,448	0,437
17	Parafuso	0,418	0,299	0,642	0,414
20	Micromola	0,500	0,118	0,642	0,312

**Figura 31:** resultados das inferências do sistema

Conforme esperado, o modelo alterou significativamente a ordem de prioridade da análise dos itens, se comparado à visão simplista de ordenar somente pelo faturamento. Chama atenção o fato do décimo primeiro item em faturamento dessa amostragem ser mais prioritário para análise do que o primeiro, mas os altos níveis de Inconsistência e Oportunidade encontrados justificam essa colocação. Por outro lado, o oitavo item mais faturado foi classificado como o terceiro menos prioritário entre os 20 itens, justamente por não ter fortes indícios de ganho potencial ao considerar os atributos intermediários.

É importante frisar que o modelo ainda pode ser otimizado, sendo ideal adotar uma prática de melhoria contínua ao longo do seu uso, sempre avaliando a coerência dos valores de saída comparando os atributos dos itens. A comparação entre os itens #1 e #3 na tabela acima seria um primeiro passo nesse sentido: considerando que esses itens têm o mesmo valor no atributo Inconsistência, mas o item #1 têm valores maiores nos outros dois atributos intermediários, seria lógico esperar que a saída Prioridade seria maior do que no item #3. Porém, os valores Prioridade tiveram o mesmo resultado para ambos, sugerindo que o comportamento do modelo nessa área de interação dos valores Criticidade e

Oportunidade estaria excessivamente brando, com a saída Prioridade reagindo em uma proporção abaixo do esperado em relação à variação dos atributos de entrada.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma solução pioneira para o problema proposto. Atualmente não existe uma área centralizada para conduzir todas as análises devidas dos materiais e medicamentos que são utilizados pela rede hospitalar. As ações ainda são reativas a impactos percebidos por diversos departamentos, como as glosas recorrentes em Contas a Receber e as dificuldades de faturamento na Gestão de Contas Médicas. Não temos, portanto, uma base comparativa para avaliar de forma quantitativa a eficácia do modelo elaborado neste trabalho.

Porém, o modelo pode ser avaliado com base na expectativa de especialistas consultados na elaboração de seus parâmetros, que contribuíram na definição dos atributos e regras. Por esse ponto de vista, a solução apresentou respostas consistentes e satisfatórias, sendo coerente com relação ao conhecimento especializado. Ao mesmo tempo, é importante destacar que o modelo não tem caráter imutável e, pelo contrário, deve ser continuamente ajustado para que se mantenha eficaz.

Por ter sido desenhado e parametrizado via aplicação do MATLAB, o modelo possui uma limitação evidente: exige o input de valores de forma manual para obter uma resposta, sendo necessário a digitação de nove valores por item (seis valores de entrada no primeiro nível da estrutura e três no segundo nível). Considerando um universo de dezenas de milhares de itens consumidos, torna-se um esforço custoso em termos de homem-hora, além do fator erro humano, que não pode ser desconsiderado na atividade de digitação. É recomendável, portanto, a realização de um projeto para automatizar a solução, permitindo a manipulação de dados em massa.

Outro ponto a se considerar é o aumento do escopo de análise da solução, contemplando mais atributos e possibilitando assim ações ainda mais estratégicas com relação aos itens priorizados. Um exemplo seria utilizar técnicas estatísticas/estocásticas para projetar a evolução de preços e consumo dos itens, trabalhando assim com a expectativa futura e não somente o histórico recente. Um segundo fator a ser estudado é a correlação entre os itens, acrescentando na análise atributos de complementaridade e substituição entre os materiais e

medicamentos, possibilitando dessa forma a análise de conjuntos de itens de forma otimizada.

Considerando a dinâmica do mercado de saúde, é interessante também avaliar a interação dos itens em diferentes modelos de negócio, simulando cenários como a inclusão em diárias ou pacotes ou ainda novos parâmetros de negociação do ponto de vista comercial.



## Referências Bibliográficas

- Cardoso A. M. (2013). “Implantação de prescrição eletrônica a fim de otimizar a dispensação de medicamentos”. Rev. Bras. Farm. Hosp. Serv. Saúde São Paulo v.4 n.4 39-45 out./dez. 2013
- Del Nero, C. R. (1995). “O que é economia da saúde”. pp. 5-23. In SF Piola, SM Vianna (orgs.). Economia da saúde: conceito e contribuição para a gestão da Saúde. IPEA, Brasília
- Educa Saúde LTDA. “O que é auditoria de contas médicas”. [acessado 2017 Ago 17]. Disponível em: <http://www.educasaude.com.br/o-que-e-auditoria-de-contas-medicas/>
- Johnson-Masoti AP, Eva, K. “Decision-Making Framework for the Priorization of Health Technologies”. [acessado 2017 Ago 17]. Disponível em: [https://www.cadth.ca/media/symposium\\_pdfs/sym-2005/ccohta\\_symposium\\_april05\\_Poster\\_Johnson-Masotti%20.pdf](https://www.cadth.ca/media/symposium_pdfs/sym-2005/ccohta_symposium_april05_Poster_Johnson-Masotti%20.pdf)
- Kaplan, S., Norton, P., Robert, D., (1996). The Balanced Scorecard: Translating Strategy Into Action 1 ed. [S.l.]: President and Fellows of Harvard College. p. 47-48.
- Kristekova, Z., Riasanow, T., Schermann, M., Kremar, H. (2012). “Towards Prioritizing IT Solution Developments through System Dynamics and Fuzzy Logic”. 45<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences
- Mamdani, E.H., Assilian, S., "An experiment in linguistic synthesis with a Fuzzy Logic controller," International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, 1975
- Rodrigues Filho, J., Xavier, J. C. B., Adriano, A. L. (2001). “A tecnologia da informação na área hospitalar: um caso de implementação de um sistema de registro de pacientes”. Rev. adm. contemp. vol.5 no.1 Curitiba Jan./Apr. 2001
- Ross, T.J. (2004). “Fuzzy Logic With Engineering Applications”. John Wiley & Sons, Ltd

- Santos M.P., Rosa C.D.P. (2013) “Auditoria de contas hospitalares: análise dos principais motivos de glosas em uma instituição privada”. Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba. 2013; 15(4): 125-132.
- Vecina Neto G, Reinhardt Filho W. (2002). “Gestão de recursos materiais e de medicamentos”. Série Saúde e Cidadania, vol. 12. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo
- Wilson, G., Devillers, R., Hoeber, O. (2012). “Fuzzy Logic Ranking for Personalized Geographic Information Retrieval”. Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC, volume 179)
- Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy sets". Information and Control. 8 (3): 338–353.
- Zadeh, L. A. (1973). "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes". IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1: 28–44
- Zeng, W., Li, J. (2014). “Fuzzy Logic and Its Application in Football Team Ranking”. The Scientific World Journal Volume 2014 (2014), Article ID 291650, 6 pages