5

Aplicando a *Lógica Fuzzy* em medidas de bilingualidade - um exemplo

Nesta seção apresento uma situação hipotética de aplicação da *Lógica Fuzzy* para avaliação do grau de bilingualidade.

5.1

Exemplo de aplicação da metodologia apresentada: A *Lógica Fuzzy* na análise da bilingualidade

Tome como exemplo a situação de um indivíduo **a, monolíngüe,** falante de **f**rancês e do indivíduo **b, monolíngüe,** falante de **i**nglês. A Fig. 7 representa essa situação, onde $\mu_F(x)$ é a função de pertinência de qualquer indivíduo **a** e $\mu_I(x)$, a função de pertinência de qualquer indivíduo **b**, em função da porcentagem de usos que esses indivíduos fazem de francês e de inglês.

Pode-se explicar a Fig. 7 da seguinte maneira: o indivíduo **a**, falante de francês é monolíngüe e tem uma pertinência de 100% ao grupo de falantes de francês. O indivíduo $\mathbf{b_1}$ é monolíngüe, falante de inglês e pertence 100% ao grupo dos falantes de inglês. Mas o indivíduo $\mathbf{b_2}$ (outro indivíduo do grupo dos indivíduos **b**; $\mathbf{b_1 \neq b_2}$) que nasceu no grupo dos falantes de inglês, aprendeu posteriormente o francês e pode pertencer aos dois grupos com graus diferentes. No exemplo, $\mu_I(b2) = 1{,}0$ (ou 100%) e $\mu_F(b2) = 0{,}15$ (ou 15%).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

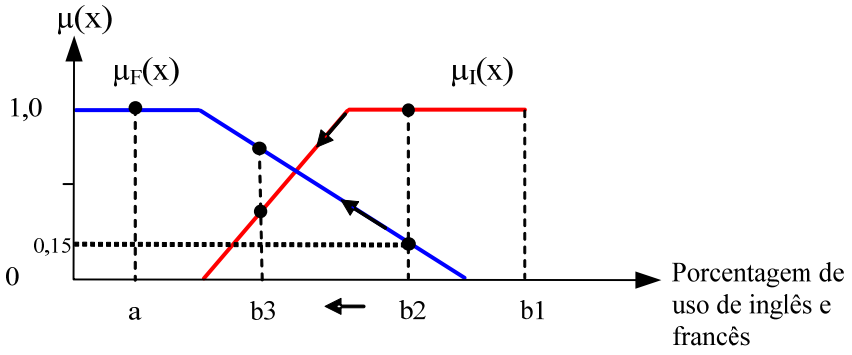


Fig. 7: Funções de pertinência para indivíduos falantes de inglês e francês, baseado na porcentagem de uso dessas línguas, a partir de uma situação hipotética.

Se, por motivos profissionais, por exemplo, o indivíduo $\mathbf{b_1}$ ou $\mathbf{b_2}$ adquire o francês como sua Lb, diz-se que ele se desloca para a esquerda do gráfico e assume a posição de um indivíduo $\mathbf{b_3}$, sendo possível identificar situações em que ele diminui o uso que faz de sua La (inglês) ao passo em que aumenta o uso que faz de Lb (francês).

Mas essa situação não é estável. Como também não é estável o grau de bilingualidade desse indivíduo. Ele pode, por exemplo, voltar a se aproximar do estágio do indivíduo $\mathbf{b_1}$. Seus diferentes graus de bilingualidade vão sempre estar em função dos diferentes contextos em que vive.

Conseqüentemente, a definição dos contextos de uso de uma dada língua pode ajudar na análise que os indivíduos fazem dessa língua e, comparando com o uso que fazem de outras línguas nesses mesmos contextos, pode-se avaliar o grau de bilingualidade desses indivíduos.

Antes de operacionalizar a proposta deste trabalho, apresento um exemplo da aplicação da *Lógica Fuzzy* para a análise da bilingualidade baseado em dados fictícios. A intenção aqui é mostrar passo a passo o processo de análise de uma situação de bilingüismo usando a *Lógica Fuzzy*. Cada etapa desta análise será explicada e seus aspectos principais serão discutidos.

Para ilustrar graficamente a metodologia discutida considere uma situação de expressão de bilingualidade onde o uso de La = francês e Lb = inglês pelo indivíduo X é avaliado seguindo os passos da análise *fuzzy* de Bose (2002).

Tome, então, como exemplo de análise de bilingualidade com o uso da *Lógica Fuzzy* a seguinte situação: um indivíduo X tem como primeira língua o francês, posto que nascido na França, filho de pais franceses, educado em escola francesa. Esse mesmo indivíduo nunca aprendeu uma língua estrangeira. Hoje,

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

casado e com filhos, é transferido pela empresa norte-americana para qual trabalha para uma cidade dos Estados Unidos. À exceção de sua família, ninguém mais fala com esse indivíduo em francês, e o inglês é então a língua de comunicação em seu contexto profissional e social.

Os contextos de vida do indivíduo X tomados para esta análise serão: o **contexto profissional** e o **contexto familiar**. Como pesquisador/observador, opto por estabelecer as seguintes funções de pertinência para cada língua (La e Lb) em cada um dos contextos: uso ativo (o indivíduo fala e escreve as línguas), e uso passivo (o indivíduo entende e lê as línguas). Sabe-se que também esses conceitos envolvem discussões do tipo: o que é entender uma língua? Ou, todos lêem de igual forma?

Contudo importa-nos agora, não o grau de competência do indivíduo X em cada uma das quatro habilidades em cada língua – que, aliás, já seria um assunto interessante para ser desenvolvido por outra análise *fuzzy* – mas se ele é efetivamente capaz de utilizar La e Lb nos dois contextos sociais em questão.

A Fig. 8 mostra como fica uma representação dessas funções de pertinência para La. Note que para cada variável lingüística é associado um conjunto de números *fuzzy* onde estão incluídas as incertezas do processo de classificação. Nesta figura o indivíduo X participa de dois conjuntos {uso ativo de La} e {uso passivo de La} com porcentagens diferentes.

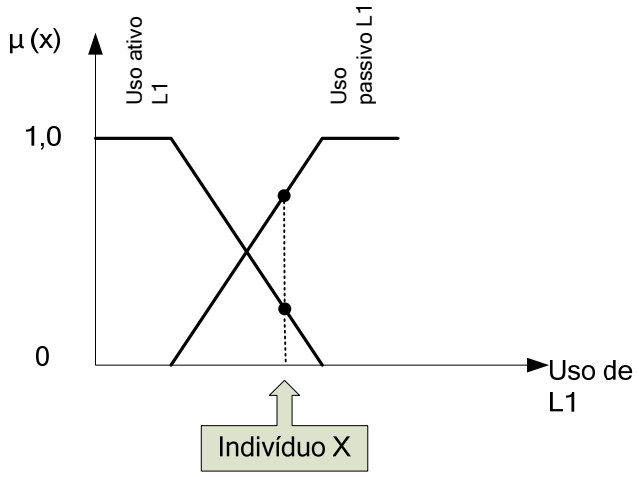


Fig. 8: Funções de pertinência para o indivíduo X, baseado no uso ativo/passivo de La.

As funções de pertinência de X para o caso de **Uso de Lb** serão construídas da mesma forma.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

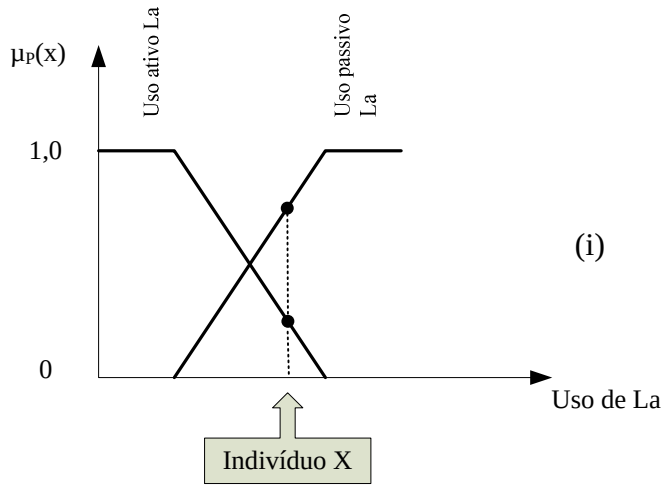
O número de *funções de pertinência* depende do observador/pesquisador. Assim no caso anterior as funções de pertinência do tipo de uso de La poderiam ter sido outras como U(uso) = {fala, entende, escreve, lê}. De acordo com Mendel (1995) quanto mais funções de pertinência são usadas, maior a resolução obtida, mas ao preço de uma maior complexidade computacional. Tais *funções* não têm que se sobrepor, mas ao colocá-las dessa maneira pode-se compreender situações como “um copo pode estar parcialmente cheio e parcialmente vazio ao mesmo tempo”.

Para ilustrar graficamente a metodologia discutida considere o exemplo anterior, onde o uso de La = francês e Lb = inglês pelo indivíduo X é avaliado seguindo os procedimentos adotados em Bose (2002).

5.1.1. Etapa de fuzzificação (fuzzifier)

Nesta etapa são avaliados os usos de La e Lb pelo indivíduo X. As Fig. 9 e 10 mostram as funções de pertinência relativas a esse uso dadas pelos conjuntos {uso ativo, uso passivo} de La e Lb, tanto para o contexto profissional quanto para o familiar. Para simplificar foi adotada a mesma função de pertinência para os dois grupos, mas isso não é uma condição necessária. Note que o indivíduo X é quantificado (*fuzzifier*) com níveis diferentes nos dois conjuntos.

Primeiro para o **contexto profissional** (Fig. 9):



(i)

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

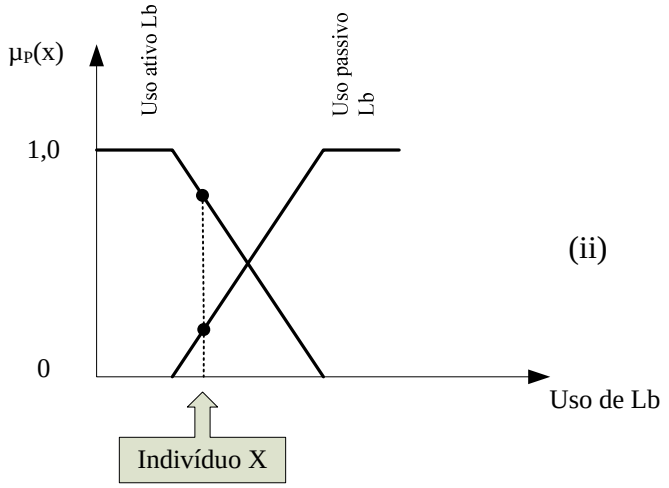
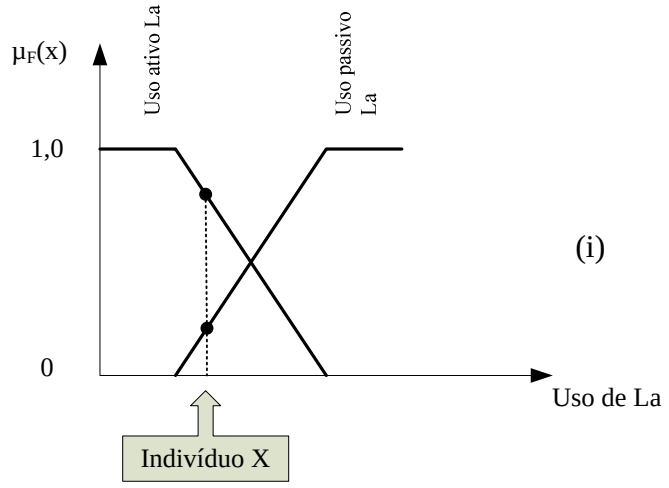


Fig. 9: Funções de pertinência para o tipo de uso de La (i) e de Lb (ii) que o indivíduo X faz em **contexto profissional**.

Já para o **contexto familiar**, pode-se fazer a mesma fuzzifização (Fig. 10):



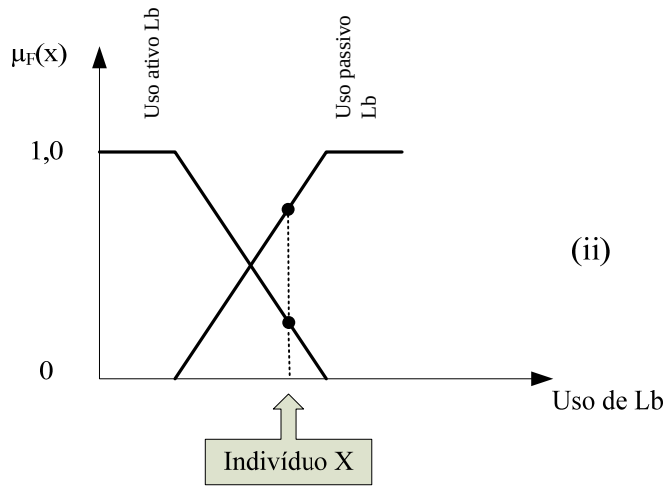


Fig. 10: Funções de pertinência para o tipo de uso de La (i) e de Lb (ii) que o indivíduo X faz em contexto familiar.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

Essas funções de pertinência, como já disse, poderiam ter sido outras. A escolha de uma ou outra dependerá do pesquisador. Também é um critério subjetivo, a inclinação dessas funções. Opto por manter a mesma inclinação para todas as funções de pertinência nos dois contextos de análise.

A parte mais crítica do processo é a etapa seguinte – a síntese da base de regras usadas pela máquina de inferência – tendo em vista que é por meio dessas regras que se obtém um sistema baseado no conhecimento prévio e experimental do pesquisador/observador. Para construir a base de regras deve-se cobrir o espaço de possibilidades com implicações (SE... ENTÃO...) que expressem a experiência do pesquisador.

5.1.2 A máquina de inferência e as regras

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

As regras de inferência estabelecidas por nós, pesquisadores estão em função do uso ativo/passivo das línguas La e Lb, e serão as mesmas para os dois contextos: profissional e familiar. Esses dois critérios são chamados de *input* ou *entrada*. Então, para o nosso sistema *fuzzy* têm-se duas entradas para cada contexto: os usos ativo e passivo que o indivíduo X faz das línguas La e Lb.

Sendo duas as línguas das quais o indivíduo X faz uso, e sendo dois os modos de uso dessas línguas, as regras de inferência são:

SE	X faz uso passivo de La e uso passivo de Lb	ENTÃO,	não se aplica
SE	X faz uso ativo de La e uso passivo de Lb	ENTÃO,	X é pouco bilíngüe
SE	X faz uso passivo de La e uso ativo de Lb	ENTÃO,	X é médio bilíngüe
SE	X faz uso ativo de La e uso ativo de Lb	ENTÃO,	X é alto bilíngüe

O processo de inferência será ilustrado graficamente a seguir, primeiro para a bilingualidade em contexto profissional (Fig. 12) e depois para o contexto familiar (Fig. 13).

As regras de inferência, processando as entradas geradas pelas funções de pertinência, ativam os conjuntos *fuzzy*: pouco bilíngüe, médio bilíngüe e alto bilíngüe (Fig. 11). Assim:

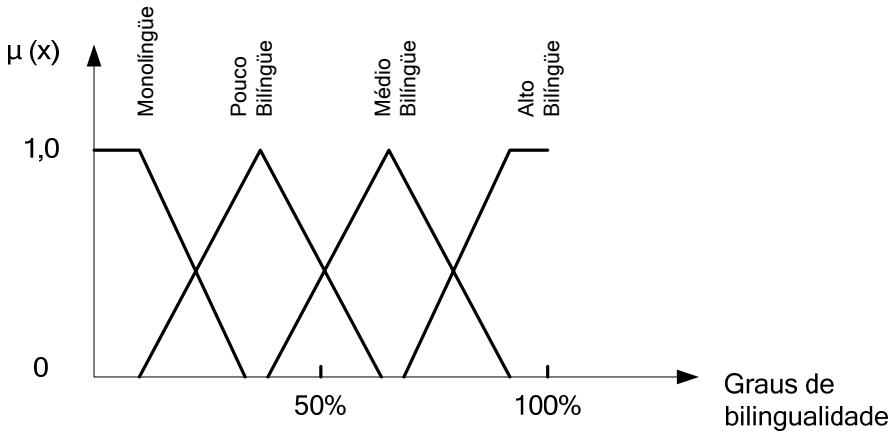


Fig. 11: Conjuntos gerados pelas regras de inferência.

A máquina de inferência avalia a compatibilidade do contexto externo ativando as regras aplicáveis à região indicada. Finalmente o passo de defuzzificação transforma o resultado anterior em um número que vai representar o contexto externo pesquisado sendo que diversas técnicas podem ser utilizadas para realizar tal tarefa (Mendel 1995).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

5.1.3 Etapa de defuzzificação (defuzzifier)

Ao serem ativados, os conjuntos referentes aos graus de bilingualidade, apresentam as áreas correspondentes às interseções propostas pelas regras de inferência que, após combinadas, podem então ser interpretadas por um critério de quantificação.

Na etapa de defuzzificação do nosso exemplo, o critério tomado será o do centro de gravidade da figura resultante como sendo o "número" que o sistema fuzzy apresenta como *output* para indicar o grau de bilingualidade do indivíduo X. Mas outros critérios existem: média dos máximos, altura, média das áreas mínimas.

A Figura 12 a seguir apresenta as etapas do sistema *fuzzy* para o **contexto profissional**. Na primeira e segunda colunas desta figura vêem-se os *input* (ou *entradas*) oriundas da etapa de **fuzzificação** e as áreas resultantes da ação da máquina de inferência ponderadas pelas regras propostas, na terceira coluna. A Fig. 13 mostra em detalhe a etapa de **defuzzificação** onde as áreas determinadas pela etapa de inferência são somadas gerando o *número fuzzy* que é o *output* de

todo o sistema. Já as Fig. 14 e 15 repetem as etapas do sistema *fuzzy*, porém aqui para o **contexto familiar**.

As Figuras 12 e 14 foram construídas de modo a permitir a visualização integral do mecanismo de ativação do sistema gerado pelas regras de inferência. A primeira coluna, por assim dizer, ou coluna da esquerda de cada uma destas figuras mostra os graus de pertinência de X em função do Uso de La. Isso é o ***input 1*** do sistema. A segunda coluna, ou coluna central, mostra os graus de pertinência de X em função do Uso de Lb. Isso é o ***input 2*** do sistema.

Já a terceira coluna, coluna mais à direita, apresenta os ***outputs*** de cada regra de inferência. Essa coluna deve ser lida linha a linha. Quero dizer, a primeira linha dessa coluna de ***output*** mostra a área resultante da ativação da regra *"se X faz uso ativo de La* ***e*** *X faz uso ativo de Lb, então X é alto bilíngüe"*. A área resultante, que aparece destacada no gráfico, ativa uma região do conjunto fuzzy **Alto Bilíngüe.**

Da mesma forma devem ser lidas a segunda, terceira e quarta linhas, com a observação de que esta última não ativa área alguma nos conjuntos que determinam os graus de bilingualidade de X porque a regra: *"Se X faz uso passivo de La e faz uso passivo de Lb, então* ***não se aplica****"*.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

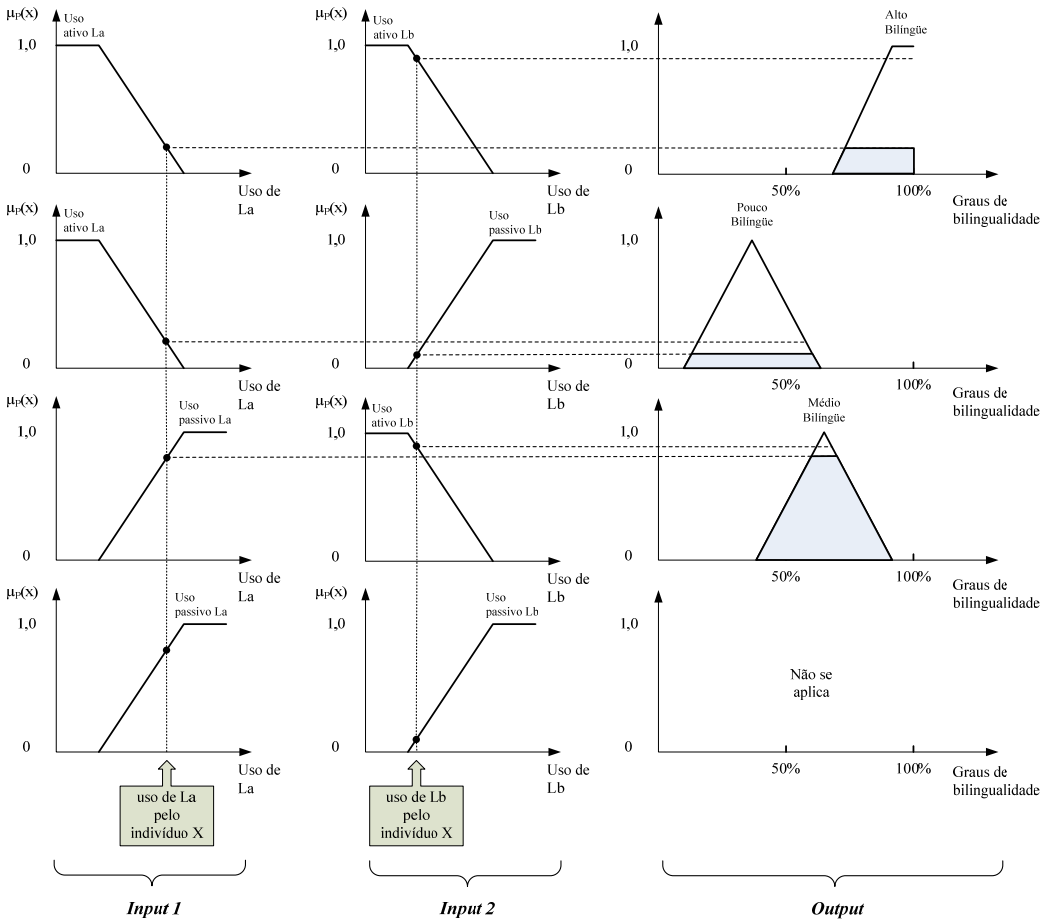


Fig. 12: Sist. fuzzy, e suas etapas, para o contexto profissional do indivíduo **X.**

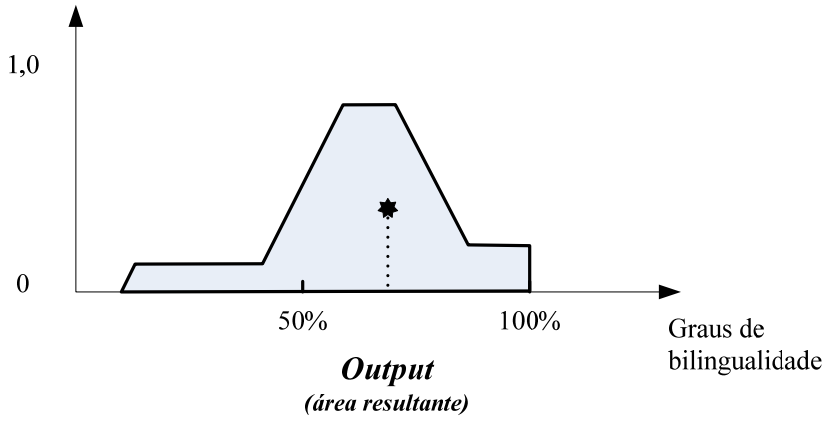


Fig. 13: Detalhe da etapa defuzzificação para o **contexto profissional** do indivíduo X.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

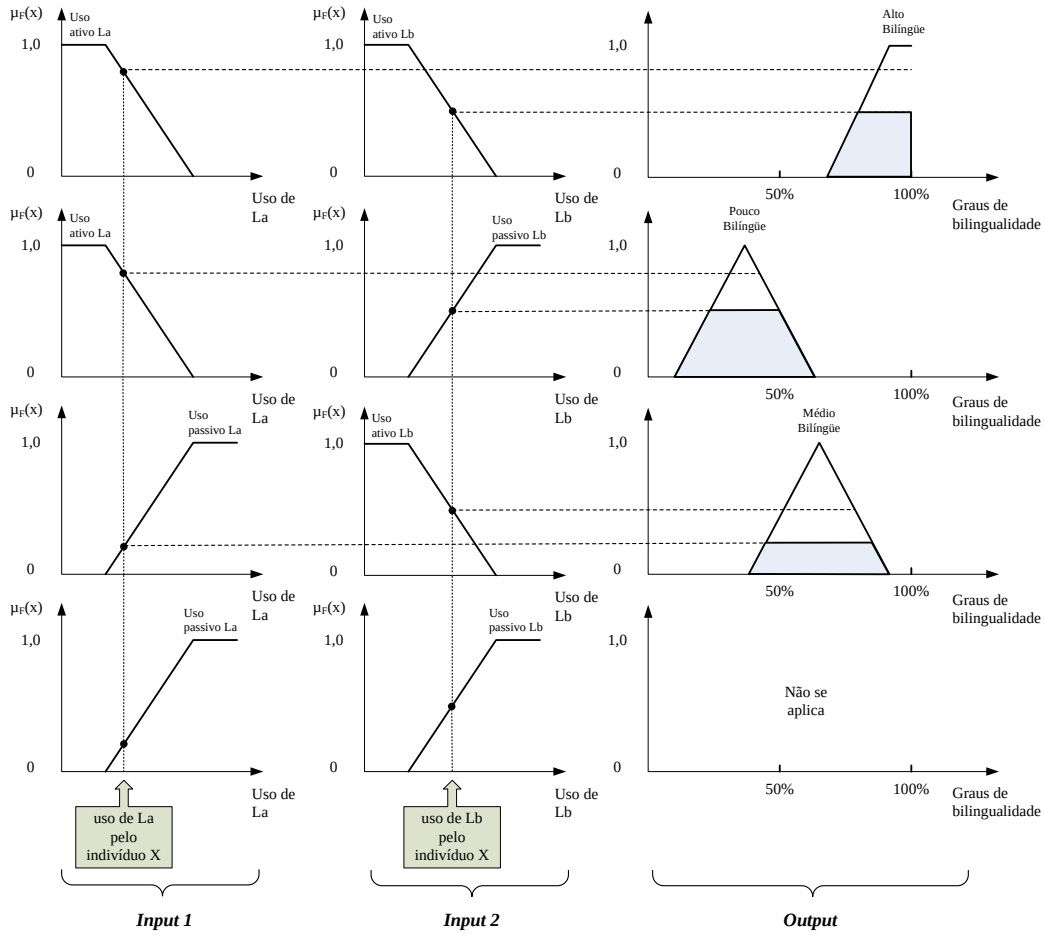


Fig. 14: Sistema fuzzy, e suas etapas, para o **contexto familiar** do indivíduo X.

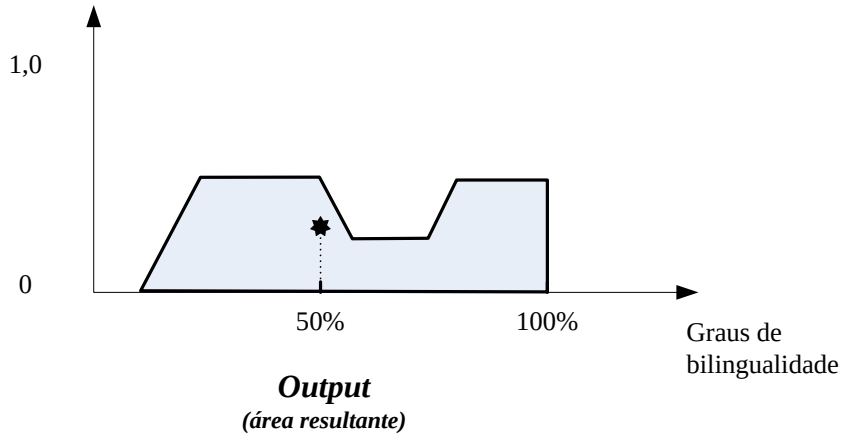


Fig. 15: Detalhe da etapa defuzzificação para o **contexto familiar** do indivíduo X.

Esta análise foi desenvolvida manualmente. Todas as figuras foram desenhadas por mim. Todavia, qualquer sistema baseado em *Lógica Fuzzy* pode ser facilmente implementado em microcomputadores digitais. Encontram-se no mercado atualmente programas computacionais, com interfaces gráficas, onde o

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

pesquisador/observador desenha as funções de pertinência desejadas. Num segundo momento inserem-se as regras que serão usadas pela máquina de inferência e finalmente define-se o processo que será usado para *defuzzificação*. O importante é ter em mente que o resultado final será um número que traz todas as incertezas e experiências do conhecimento prévio e vivências do pesquisador.

A utilização de computadores é vantajosa devido à possibilidade de analisar e reanalisar uma grande quantidade de dados, ajustando as etapas do processo (funções de pertinência, regras de inferência, etc.) de acordo com a mudança do contexto da pesquisa. Contudo nada impede que toda essa metodologia seja aplicada "off-line", principalmente se o pesquisador/observador não deseja respostas em "tempo real" (imediatas).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB

5.2

Análise dos resultados anteriores – a título de exemplificação

Pode-se ler as Fig. 12 e 14 interpretando que o indivíduo **X** varia seu grau de bilingualidade em função do contexto social em que vive. *Ele é médio bilíngüe, se aproximando da fronteira entre médio bilíngüe e alto bilíngüe em contexto profissional.* Já em *contexto familiar, ele é pouco bilíngüe, se aproximando da fronteira entre pouco bilíngüe e médio bilíngüe*.

O indivíduo X pode ser pouco bilíngüe ou médio bilíngüe em seu contexto familiar porque, apesar de usar sua La ativamente com seus familiares, bem sabe-se que é provável que ele use Lb quando assiste televisão, lê jornais locais, escuta notícias e músicas pelo rádio, por exemplo.

Uma análise para o contexto profissional pode ser: o indivíduo X usa ativamente Lb, mas sua La também pode ser usada por ele quando ele escreve em La um rascunho de um texto profissional qualquer, por exemplo. Ou até quando ele fala sozinho. Ou ainda, quando fala em La com algum outro profissional que venha a tentar uma comunicação nessa língua.

Pode-se, ainda, fazer a tentativa de traduzir numericamente esses graus de bilingualidade projetando o ponto referente ao centro de gravidade no eixo

horizontal (das abscissas). Aí, encontra-se o valor aproximado de **0,75** (ou 75%) para o contexto **profissional** (Fig. 13) e de cerca de **0,50** (ou 50%) para o contexto **familiar** (Fig. 15).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0510570/CB