



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

TRAÇOS PRÁTICOS E CONCEITUAIS

DANIEL MARIN

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL - TRAÇOS PRÁTICOS E CONCEITUAIS

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL - TRAÇOS PRÁTICOS E CONCEITUAIS

DANIEL MARIN

Belém-PA
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M319

Marin, Daniel.

Inteligência Artificial - traços práticos e conceituais /

- Belém : Autopub Editora, 2026.

Livro em PDF

123 p.

ISBN 978-65-83093-50-9

DOI 10.46898/autopub.295670081b15

1. Inteligência Artificial 2. ciência 3. redes neurais 4. aprendizado de máquina 5. epistemologia

I. Marin, Daniel. II. Título.

CDD-006.3

Índices para catálogo sistemático:

1. Inteligência Artificial : Aspectos práticos e teóricos

Ficha catalográfica elaborada conforme ABNT NBR 12899 / CDD 23ª ed.

Conselho Editorial

Autopub Editora

MEMBROS DO CONSELHO

Editor-Chefe

Prof. Dr. Ednilson Souza - UFOPA

Membros do Conselho

Profa. Msc. Andria Raiane Coelho Campos - SEMEC-STM

Prof. Msc. Éfrem Colombo Vasconcelos Ribeiro - IFPA

Prof. Msc. Jorge Carlos Silva - ULBRA

Profa. Msc. Vaneza Nascimento de Oliveira Mélo - FICS

Profa. Dra. Irlana Jane Menas da Silva - UEFS

Profa. Msc. Daniela Emilena Santiago Dias de Oliveira - UNIP

Profa. Dra. Rejane Harder - UFS

Prof. Msc. André de Araújo Moraes - UNESP

S U M Á R I O

DEDICATÓRIA	6
AUTOR	7
APRESENTAÇÃO	8
I GÊNESE, ASPECTOS NEM TÃO REMOTOS	10
II A RAZÃO E A MENTE - A CHAMA DO SABER	47
III SISTEMAS ESPECIALISTAS	68
IV LÓGICA NEBULOSA	83
V REDES NEURAIIS	93
VI APRENDIZADO DE MÁQUINA	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ÍNDICE REMISSIVO	119

“Eu acredito que às vezes são as pessoas que ninguém espera nada que fazem as coisas que ninguém consegue imaginar.”

- Alan Turing

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.”

- Leonardo da Vinci

Aos meus sobrinhos...

Arthur, Laura e Lucas.

Autor

Daniel Marin reside em Paulo Bento – RS e possui graduação em Análise de Sistemas, Licenciatura em História, Filosofia e Física; Especialização/Pós-Graduação em Gestão e Desenvolvimento da Tecnologia da Informação, História da Ciência, Filosofia e Teoria Social, Gestão Pública, Inteligência Artificial e Business Intelligence. É Mestre em Engenharia da Informática pela Universidade Fernando Pessoa do Porto – Portugal. Bacharelando em Física e Doutorando em Filosofia pela TechUniversidad de Madrid – Espanha. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Gestão/Administração da Tecnologia da Informação, bem como na lógica aplicada a sistemas computacionais e nas temáticas pertinentes à História da Ciência. Nas horas vagas compõe ensaios de temas multidisciplinares e instigantes, além de poesia.

APRESENTAÇÃO

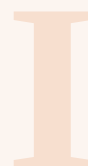
Apresentação

Nesta obra a atriz principal é a Inteligência Artificial. É importante elucidar que a Inteligência Artificial constitui-se numa área composta de um grande entrelaçamento de saberes de características multidisciplinares e que convergem para o seu desenvolvimento, tanto técnico como conceitual. Neste contexto a Inteligência Artificial envolve uma volumosa quantidade de conhecimento acumulado ao longo do nosso instigante e cambaleante processo civilizacional. Conhecimento este que abarca o cálculo, lógica matemática, epistemologia, teoria computacional, física, psicologia e biologia apenas para citarmos os basilares e primários.

É importante frisar que nos últimos anos e aqui também para estabelecer um marco temporal em anos, digamos a partir dos anos 2000, ou deste século, a Inteligência Artificial tem se tornado muito popular, e máquinas com diferentes finalidades e diferentes níveis de processamento de dados, dotadas de características inteligentes vem sendo utilizadas em várias áreas. Bem possível que estejam cada vez mais presentes e se façam sentir em nossa existência diária. O que ocasionalmente terá um impacto gradativamente maior na sociedade humana da contemporaneidade.



GÊNESE, ASPECTOS NEM TÃO REMOTOS



Capítulo I – Gênese, aspectos nem tão remotos

A **Inteligência Artificial (IA)**¹ constitui-se numa área que invariavelmente possui um verdadeiro entrelaçamento de saberes de características multidisciplinares e que convergem para o seu desenvolvimento, tanto técnico como conceitual. A IA envolve uma volumosa quantidade de conhecimento acumulado ao longo do nosso instigante e cambaleante processo civilizacional. Conhecimento este que abarca o cálculo, lógica matemática, epistemologia, teoria computacional, física, psicologia e biologia apenas para citarmos os basilares e primários.

Da computação utiliza-se das áreas que abrangem banco de dados e linguagens de programação. Somando-se a robótica e o processamento de imagens computacional. Na área da biologia, há a utilização de modelos biológicos para simulação computacional e bem como a adoção dos assim denominados algoritmos genéticos, aplicados na resolução de problemas. A IA é também objeto de discussão de teorização filosófica, envolvendo questões epistemológicas que ensejam conceituar, por exemplo: *“o que é a inteligência?, ou pode um cérebro eletrônico ser considerado inteligente e consciente?”*.

É fato que a IA, efetua uma forma de automatização e sistematização de tarefas intelectuais, sendo potencialmente dotada de grande relevância em qualquer esfera que compreende a atividade intelectual humana. A IA pode exponenciar às qualidades humanas íntimas no quesito racionalidade e capacidade de processamento de informações para tomada de decisões com maior segurança. Claro que estamos sempre presos a boa fé humana, contudo, é importante opinar

¹ Nesta obra sempre que nos referirmos à Inteligência Artificial usar-se-á o acrônimo (IA). N.A.

que o próprio quesito “ser inteligente” tanto para a pessoa quanto para um “agente eletrônico”, implica necessariamente em usar retamente a razão. Portanto atividades ilícitas e/ou que firam os princípios racionais estão fora do escopo.

Enfim são questionamentos e colocações que fazem parte do arcabouço geral da IA num contexto abrangente e conceitual, que respinga profundamente na sua aplicabilidade no mundo real.

O público geral, normalmente leigo no assunto, em diversas oportunidades e casos, tem uma visão totalmente distorcida da IA. Ela é apresentada como um caso assombroso de pura ficção científica, em peças publicitárias, na mídia em geral e nas produções cinematográficas. São robôs humanóides que dotados de inteligência e consciência plena tomam decisões e são altamente superiores aos seres humanos, e há casos que ameaçam inclusive a nossa existência – um tom sombrio e apocalíptico. Evidente que por estes motivos quando temos um primeiro contato com a IA, normalmente espere-se algo quase que sobrenatural que beira o fantástico. Contudo não é bem assim que as coisas funcionam. Há sim um toque especial na IA, principalmente no que tange ao auxílio da tomada de decisões, na mineração de dados e em praticamente “adivinhar” o que queremos quando navegamos na grande rede de computadores, a internet. Há sempre um produto, ou uma promoção de viagem que nos interessa logo ao alcance de um clique ou de um toque sutil na tela *touch screen*², contudo isso é mais fruto de um “pesado” processamento de dados volumosos que as empresas acumularam e acumulam instantaneamente e os armazenam para após processá-los a fim de estabelecer padrões identificáveis das pessoas, por exemplo; do que algo miraculoso e fantástico.

² Tela sensível ao toque é um tipo de ecrã sensível à pressão, dispensando, assim, a necessidade de outro periférico de entrada de dados, como o teclado ou mouse. N.A.

É importante frisar que nos últimos anos e aqui também para estabelecer um marco temporal em anos, digamos a partir dos anos 2000, ou deste século, a IA tem se tornado muito popular, e máquinas com diferentes finalidades e diferentes níveis de processamento de dados, dotadas de características inteligentes vem sendo utilizadas em várias áreas. Bem possível que estejam cada vez mais presentes e se façam sentir em nossa existência diária. O que ocasionalmente terá um impacto gradativamente maior na sociedade humana da contemporaneidade.

Urde destacar que sem sombra de dúvidas o maior desafio é entender concretamente o mecanismo que processa a capacidade de conhecer, de entender e gerar o conhecimento, a inteligência nos seres humanos principalmente. Para então, tendo por base um modelo pré-definido e um escopo eficaz de tal mecanismo, ser possível realizar a sua implementação com elevado grau de sucesso em um computador. É evidente que tudo isso colocado superficialmente envolve muita programação e processamento de dados volumosos, mas, contudo por ora deixemos de lado estas importantes implicações técnicas e adentremos nos aspectos genitores da IA.

Aurora da Ciência, um alvorecer necessário

A racionalidade humana é um aspecto basilar que compõe nossa capacidade cognitiva e de discernimento. A razão personificada no termo genitor advindo do grego *logos*, palavra, verbo, e assume uma significância inicial de discurso, linguagem e estruturação do diálogo, intuindo purificá-lo de falácias e terminologias banais, que comprometeriam a verdade retratada na fala e abrangendo também a escrita.

Ao nos aventurarmos nos mares da racionalidade humana fazem-se uso da filosofia como timoneira. Há uma clara sensação de estarmos embarcando em um navio tripulado por marinheiros insensatos, numa busca ansiosa da “ilha do tesouro” com relíquias preciosas que nos darão sossego intelectual. Após percorrer o “mundo inteiro” e visitando inúmeros arquipélagos, voltamos de “mãos vazias” ao mesmo marco local do ponto de partida, até porque a terra é geoide. (Teixeira, 2015).

Talvez isso seja parte da própria miséria humana, lutar tanto e com afinco, para no final nada conseguir. Os meandros da nossa mente são ainda obscuros até para os últimos graus da ciência. Lá na fronteira racional do pensamento científico, ainda estamos especulando em como sedimentar a natureza da origem e forma de como pensamos, inferenciamos e processamos dados brutos em informação e pósteros conhecimento.

Contudo é importante parafrasear Pierre-Simon de Laplace³, - *“Aquilo que sabemos é pouco; o que não sabemos é imenso.”* E o que pode nos dar uma resposta racional muito embora nebulosa, claro que aqui deixando fora do escopo à religião, é ainda a ciência enquanto uma ferramenta da razão, um produto fecundo da racionalidade humana.

A ciência é sumariamente a nossa maior aventura intelectual enquanto humanidade. Houve com o seu advento o estremecimento da fé dogmática estabelecida e lançou as bases de um sonho do triunfo do materialismo. (Silver, 2008). Poderíamos enfim enquanto espécie frágil e indefesa, carente de cuidados substanciais desde ao nascer, nos

³ Pierre-Simon, marquês de Laplace (nascido em 23 de março de 1749, Beaumont-en-Auge, Normandia, França - falecido em 5 de março de 1827, Paris) matemático, astrônomo e físico francês mais conhecido por suas investigações sobre a estabilidade de o sistema solar. Laplace explicou com sucesso todos os desvios observados dos planetas em relação às suas órbitas teóricas, aplicando a teoria da gravitação de Sir Isaac Newton ao sistema solar, e desenvolveu uma visão conceptual da mudança evolutiva na estrutura do sistema solar. Ele também demonstrou a utilidade da probabilidade para interpretar dados científicos. Fonte: Whitrow, Gerald James. "Pierre-Simon, marquis de Laplace". Encyclopedia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Pierre-Simon-marquis-de-Laplace>.

equipararmos aos ideados deuses do Olimpo teológico sapiente. Talvez como o descrito no mito prometéico, estamos com o advento da IA e o seu desenvolvimento mais robusto, prestes a roubar o fogo dos deuses, assim como o herói titânico e mitológico Prometeu⁴.

Contudo é preciso frisar que a ciência no seu aspecto mais ontológico enquanto objeto do engenho humano, é transmutada em filosofia racional e abstrata pura. Em casos práticos ela cura doenças e salva vidas, há, portanto um materialismo latente aqui. E amplia a nossa breve existência! Simplificou a nossa vivência trazendo conforto e comodidade ímpares na história, contudo igualmente a ameaçou também. Afinal a ciência é um empreendimento humano, e passível de erros e falhas, ela mesma tem um mecanismo de retroalimentação que objetiva corrigir permanentemente o seu curso através das eras, o “método científico”.

No método científico basicamente há às hipóteses formuladas nem sempre com base no racionalismo, pois sempre há algum recôndito misticismo e dose de fé na formulação das hipóteses. E hipóteses estas que ensejam ser uma resposta razoável para um problema posto como fenômeno natural. Então por meio da confirmação experimental a hipótese aventada poderá transformar-se numa teoria de cunho científico, que poderá ser posta a prova a qualquer momento e ser suplantada por uma nova e mais refinada, dotada de maior completude. Este é o mecanismo retroalimentador baseado na falseabilidade das afirmações teórico-científicas, performando uma inquietude intelectual sadia e fecunda para o progresso e refinamento do saber humano.

Mas! A ciência muito embora tenha no seu bojo um interessante método de retroalimentação de suas teorias por meios da falseabilidade e questionamento constante das suas certezas, tem suas falhas até

⁴ Foi um defensor da humanidade, conhecido por sua astuta inteligência, responsável por roubar o fogo de Héstia e dá-lo aos mortais. Fonte: Hesiod, *Homeric Hymns, Epic Cycle, Homeric*. Translated by Evelyn-White, H G. Loeb Classical Library Volume 57. London: William Heinemann, 1914.

grotescas para explicar satisfatoriamente os fenômenos básicos e perceptíveis para todos nós. Como por exemplo, explicar a imensidão do Cosmo, ou mesmo o comportamento das abelhas, apenas para nos atermos a duas questões básica e perceptíveis a “olho nu”.

A beleza e magnitude da ciência na sua realização retumbante em muitas vezes é somente perceptível e aparente aos iniciados, contudo seus perigos nem sempre são mensurados ou compreendidos, a sua importância é super e subestimada. A sua faliabilidade é tanto encoberta como em casos maldosamente exagerada. (Silver, 2008).

No tangente às origens da ciência o historiador e filósofo da ciência britânico Colin A. Ronan enfatiza num tom introdutório interessante.

A ciência tem demonstrado ser uma enorme aventura intelectual. Engajar-se nela requer uma vívida imaginação criadora, temperada por uma firme disciplina, baseada num corpo consistente de observações comprovadas, e a ciência tem atraído alguns dos melhores intelectos de cada civilização que se desenvolveu até um estágio em que lhe é possível enfrentar o desafio da natureza. (Ronan, 1987, p. 12).

É preciso destacar o fato que a ciência enquanto corpo de conhecimento, não se restringe apenas em recolher dados e experiências *a la vontê*. É sim necessário, um estruturado sistema de correlação lógica dos fatos que são interpretados a luz da razão. E que juntos dão suporte e consolidação base para hipóteses ou mesmo auxilia a tomar corpo uma teoria de cunho científico.

Em outras palavras entra em cena a capacidade única dos humanos de racionalização e discernimento cognitivo. Instrumental básico para operações sistêmicas em que envolve conceitos pertinazes a IA.

Ciência Primitiva, a especulação, a prova e o céu noturno

O início da ciência na civilização esteve e está atrelada totalmente ao processo civilizacional e social, em um contexto de sedenterização do

homem, primeiramente no Oriente Médio a cerca de 10 mil anos atrás. Em um processo que muitos denominam como “revolução agrícola”.

A denominada ciência teve a sua aurora, quando o homem começou a reunir conhecimentos para resolver a sua vida diária. Conhecimentos e experiências que iam desde plantas (manejo e cultivo), não necessariamente as alimentícias, mas também medicinal e outras sem um aparente uso prático. Capturavam animais, para a domesticação. E, com o passar do tempo, por pura necessidade de sobrevivência ante um ambiente hostil, revelou nos homens conhecimentos esplêndidos: meios para levantar pesos, descoberta da roda e roldanas, técnicas de agricultura, tratamento do couro, tecelagem, cerâmica e fundição de alguns metais encontrados no aluvião ou a flor do solo. (Ronan, 1987).

Contudo é na astronomia que a ciência talvez tenha seu início mais formal e primitivo, claro ainda muito longe do que viria a ser a partir do século XVII, com o iluminismo e o advento da denominada “revolução científica”. Isto porque a astronomia foi talvez a primeira área distinta de conhecimento que incorporou a aplicação prática da matemática.

Para poder usar o céu como um relógio era necessário ter certo conhecimento em números. O céu estrelado, para o homem pré-histórico, o fez ter reações sinceras de espanto e de voraz curiosidade. Uma receita infalível para a gênese no processo de especulação, questionamento e exercer a sua capacidade racional. Contudo o céu estrelado noturno, cada ponto luminoso na cúpula celeste não era fixo, variava com o passar do tempo, haviam estrelas que andavam sobre um plano de fundo estrelado aparentemente e visualmente a “olho nu” “fixo”, eram os planetas, o termo grego para as estrelas errantes.

A aparência do inconstante do céu era algo que cativava a mente e a imaginação do homem primitivo. O lento e majestoso movimento do céu durante a noite, conduzindo as estrelas de um lado a outro do horizonte, era uma visão extraordinária. Da mesma forma, o

movimento da lua, que não apenas se levantava e se punha, como as estrelas, mas também mudava de forma, crescendo de uma fina linha no princípio do mês até se tornar um grande globo no céu, e depois minguar outra vez. (Ronan, 1987, p. 19).

O movimento das estrelas no céu obedecia a uma configuração que mudava anualmente, contudo não sofria alterações de disposição em cada espaço de tempo e a cada estação a abóbada celeste “girava” e a configuração estelar voltava a repetir ciclicamente. Então os diferentes povos da terra, de forma intuitiva e reverencial, começaram agrupar artificialmente as estrelas no céu em constelações, dando nomes de heróis e divindades, enfim algo significativo para a comunidade, já que o fenômeno observado era portentoso e divino. Contudo as estrelas do céu que tinham um comportamento “anômalo” para a época, os errantes, ou seja, planetas, deveriam seguramente perturbar o pensamento dos astrônomos pré-históricos, os seus movimentos observados na noite, atuavam talvez como combustível para a pesquisa científica, com o intuito de buscar entender tal evolução celestial. ◇

O céu sempre atraiu a nossa imaginação e na pré-história mais ainda, mexeu com as crenças dos homens, foi base para o desenvolvimento de ideias sobre a natureza e a teogonia (nascimento dos deuses). Servindo de alegoria para narrativas mitológicas, além de berço da astronomia e astrologia.

O ideário a respeito do céu segue um fio condutor que nos liga ao passado remoto, às civilizações e culturas que já não existem mais, e foram tragadas pelo inefável tempo, mas que partilham conosco algo em comum, a curiosidade, muito bem acompanhada pela racionalidade. E na especulação humana sobre os mistérios recônditos no céu noturno, que está exatamente posto sobre nossas cabeças pairando, nasce o pensamento genitor da ciência.

A especulação tangente ao céu tem uma ação direta no ser humano, como um espelho, na qual reflete caprichosamente, as atitudes

científicas de uma comunidade, e cabalmente serão úteis para o homem moderno, na medida em que nossa história se desenrola. (Ronan, 1987).

Idade da Razão, a profusão de saberes

A racionalidade humana alcança o seu zênite para após seguir até a contemporaneidade a passadas largas no tangente ao desenvolvimento tecnológico e científico basicamente, no período que denomina-se “idade da razão”. Ele tem início em meados de 1600, tomado por um clima já alvoroçado no Renascimento italiano, onde o homem foi colocado como a medida de todas as coisas, desenvolvendo-se então o conceito de humanismo. Colocando-se gradativamente de lado às questões dogmáticas da Igreja na qual explicavam os fenômenos sob um prisma puramente divino, muito embora calcado na razão platônica e aristotélica. Sendo a tentativa de coadunar a filosofia de Platão com o Cristianismo iniciada por Santo Agostinho de Hipona⁵ denominada de patrística e o pensamento filosófico de Aristóteles sistematizado por São Tomás de Aquino⁶, fundador da escolástica, famosa no período Medieval.

Então por volta do ano de 1600 o clima filosófico no continente europeu e nas colônias na América era de absoluta confiança e crença no engenho humano, na razão. Estavam abertas as portas para o iluminismo o século das luzes. Celebrava o florescimento e o otimismo na capacidade humana, já premente no Renascimento, veio a toda polpa,

⁵ Santo Agostinho (nascido em 13 de novembro de 354, Tagaste, Numidia [agora Souk Ahras, Argélia] - morreu em 28 de agosto de 430, Hippo Regius [agora Annaba, Argélia]) bispo de Hipona de 396 a 430, um dos Padres Latinos da Igreja e talvez o pensador cristão mais significativo depois de São Paulo. A adaptação do pensamento clássico ao ensino cristão por Agostinho criou um sistema teológico de grande poder e influência duradoura. Fonte: Britannica, The Information Architects of Encyclopaedia. "St. Augustine". Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/facts/Saint-Augustine>.

⁶ Tomás de Aquino (nascido em 1224/25, Roccasecca, perto de Aquino, Terra di Lavoro, Reino da Sicília [Itália] - morreu em 7 de março de 1274, Fossanova, perto de Terracina, Lácio, Estados Papais) dominicano italiano, o principal escolástico medieval. Ele desenvolveu suas próprias conclusões a partir de premissas aristotélicas, notadamente na metafísica da personalidade, criação e Providência. Fonte: Britannica, The Information Architects of Encyclopaedia. "St. Thomas Aquinas". Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/facts/Saint-Thomas-Aquinas>.

colocando em fase de conclusão a mudança de visão, de características depreciativas e humildes da humanidade, carregadas pelo pecado. Visão esta predominante no período medieval. Vinha à baila então uma visão nova do homem enquanto ser natural, em que eram celebrados os seus feitos e conquistas no campo do conhecimento. (Rooney, 2013).

A denominada Idade da Razão impulsionou e também foi impulsionada pelos feitos dos homens consoante ao desenvolvimento de uma verdadeira profusão de saberes. Saberes estes que abarcavam a ciência, a tecnologia, a filosofia, a política e até as artes.

No período iluminista há uma divisão basilar nem sempre visível da área da filosofia: a empírica e racional. Concernente a visão racionalista, era baseada na razão como via para acesso ao conhecimento, ao ponto de a visão empiricista, apregoava que era preciso “observar” o mundo a nossa volta. (Rooney, 2013).

A abordagem empírica da filosofia nos levou de forma fatal e direta para a área da experimentação científica, voltada à observação dos fenômenos da natureza a serem desvendados. Por outro lado, a abordagem de cunho racional, deu uma ênfase maior à matemática e a teoria filosófica, ficando no campo da abstração. Este aspecto posto significava que se seguia ainda a divisão imposta ainda na Grécia Clássica, onde Platão tinha uma abordagem racionalista e com uma percepção metafísica das coisas para buscar as respostas, enquanto que seu discípulo Aristóteles primava pelo empiricismo, isto é a experiência observacional associada ao logicismo. Seguiam-se então essas duas linhas de pensamento fecundas e ainda sentidas na atualidade com grande impacto.

Concernente a esta divisão entre razão e experiência (observação), não havia uma divisão clara e nítida, conforme Rooney (2013) apregoa a

seguir. *"Porém não existe uma divisão clara entre as duas, uma vez que conclusões a que se chegou por dedução racional costumam ser passíveis de testes por métodos empíricos. Juntas, essas abordagens formaram as bases da revolução científica."*

E como resultado foi o desenvolvimento do método científico, em que personificou-se num divisor de águas e um dos triunfos da Idade da Razão, na qual modificou drasticamente o curso do pensamento e podemos assim dizer do progresso científico *a posteriori*.

O filósofo francês René Descartes⁷ um dos precursores do método científico, era herdeiro intelectual de Aristóteles. Para Descartes a matéria (corpo), era definido como algo espacialmente extenso, ocupando um lugar no espaço físico, era, portanto na extensão que residia à essência da materialidade. Ao ponto de a alma para Descartes, era incorpórea, e era inextensa, a sua substância ontológica era então *pensante*, assumindo uma posição de consciência.

Contudo, é preciso tecer algumas considerações relevantes e até mesmo importantes neste contexto de "Razão", vista sobre uma ótica que esta solidamente ancorada no pensamento grego. Até porque nem todas as ações do homem são movidas pela razão. Pode-se até enfatizar que o homem é um animal *per se* racional, mas nem todas as suas ações e pensamentos seguem necessariamente uma linha racional.

Na questão instrumental e propriamente prática a racionalidade humana, serve para que a pessoa atinja os seus objetivos. Seja ele realizar um cálculo matemático abstrato, ou mesmo servir-se de um saboroso café. Os objetivos são variados na sua gênese, mas todos eles seguem

⁷ René Descartes (nascido em 31 de março de 1596, La Haye, Touraine, França - falecido em 11 de fevereiro de 1650, Estocolmo, Suécia) matemático, cientista e filósofo francês. Foi um dos primeiros a abandonar o aristotelismo escolástico, formulou a primeira versão moderna do dualismo mente-corpo, do qual deriva o problema mente-corpo, e promoveu o desenvolvimento de uma nova ciência baseada na observação e na experimentação, ele é geralmente considerado o fundador da filosofia moderna. Fonte: Watson, Richard A.. "René Descartes". Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/biography/Rene-Descartes>.

um algoritmo, um sistema instrumental e estrutural de pensamento, materializado em si pela “lógica”. Então a ação racional é uma ação que dentro de um determinado contexto, constitui-se na melhor opção para realizar um determinado objetivo; postos aqui como – execução de um cálculo e servir-se um café.

O caminho percorrido pela racionalidade humana até meados dos anos 1600, por exemplo, data esta que se vivencia o apogeu da razão, do pensamento lógico de contornos matematizantes. É por assim dizer o perigeu que se encontra entre o homem e o conhecimento abstrato aplicado às ciências. É neste período que o incipiente conhecimento científico “toca” o conhecimento clássico e escolástico. É inegável o progresso tecnológico desencadeado, é como se a caixa de Pandora⁸ fosse violada.

Teorias Modernas, o jogo da imitação

É imperioso elencar que a IA é de forma prática iniciada com as descobertas e especulações matemática levada a cabo por Alan Turing de forma inédita até então. Na atualidade praticamente todas às ciências passaram a depender diretamente ou indiretamente da tecnologia da informação. Então com o desenvolvimento estrutural do computador digital e a sua massificação, com a exponenciação da capacidade de processamento de dados na forma eletrônica, possibilitou adentrarmos em “novos mundos do conhecimento” até então impossíveis de serem acessados. (Teixeira, 2015).

⁸ Objeto da mitologia grega, peça central do mito de Pandora, a primeira mulher criada por Zeus, um dos mais conhecidos dentre as histórias míticas. Zeus entregou a Pandora como presente de casamento, uma caixa, em que cada deus colocara um bem. Pandora abriu a caixa inadvertidamente, e por resultado todos os bens escaparam, exceto a esperança. Fonte: Thomas Bulfinch. *Mitologia, histórias de deuses e heróis*. Rio de Janeiro: Agir, 2014.

De forma tácita, contudo, é preciso assumir o seguinte aspecto: a clara existência de estados físicos e estados mentais, bem como uma interação entre ambos. É tarefa hercúlea da ciência buscar na sua razoabilidade ampliar este paradoxal entendimento, sobre como é possível haver uma interação quase que sobrenatural entre entidades completamente díspares, como os estados físicos e mentais. (POPPER e ECCLES, 1995). Cumpre claramente colocar aqui então o seguinte aspecto ainda que incipiente e carregado de subjetivismo neste momento; qual o caráter ontológico dos programas inteligentes ou mesmo dotados de certos traços concernentes a IA, serem capazes de compreender algo. Deveras são temáticas que trazem a tona debates acaloradas no campo da IA. Sumariamente constitui-se em algo difícil e complexo de responder objetivamente.

E neste assunto de natureza complexa pertinente a dualidade físico/mental, o filósofo da ciência Karl Popper aventura.

[...] transcendência ou autotranscendência da matéria. A própria matéria transcendeu a si mesma criando objetos e mundos não materiais. Deste modo, "resta-nos apenas ficar admirados com o fato de que a matéria transcende a si própria, produzindo mente, vontade, e todo um mundo de produtos humanos." (POPPER e ECCLES, 1995, p. 61).

Na visão popperiana é a matéria que assume um papel protagonista, gerando objetos corpóreos e entidades abstratas, pode-se assim dizer. Nesta especulação, conclui-se que o engenho humano e tudo o que dele advém, origina-se na matéria *per se*.

Então se a matéria é a origem da mente consciente, da abstração *per se*. É na consciência que se materializa o mundo e as coisas sob a forma de abstração pura.

A consciência é maximamente irreduzível e única. A consciência é um modelo de como o mundo é e como poderia ser em todos os seus estados físicos possíveis. A consciência foi edificada como o resultado de milhões de anos de evolução cerebral dos hominídeos, ela foi moldada

por civilizações, escolas de pensamento filosófico, experiência cultural adquirida de geração para geração e raciocínios aprendidos. Ela toma forma como um padrão escrito na linguagem do cérebro. Em que o mundo pode ser imaginado interiormente pelo ser humano, ideado e sonhado, e não ser materializado, ou seja, visível externamente. Ser uma expressão pura da razão, advinda da matéria e que pode gerar matéria física. (Tononi, 2014).

A consciência humana é poderosa e capaz de idear “mundos”, e no jogo da imitação da mente humana, em que abjurar a tecnologia não é uma saída inteligente, tem em Alan Mathison Turing⁹, talvez o primeiro a analisar seriamente e eficazmente a real possibilidade de implementar um programa inteligente. Considerando inclusive o ponto de vista filosófico da questão. Constituindo em um programa dotado de capacidade cognitiva, ou seja, inteligência, instalado em um computador digital. A proposta de Turing para esse programa seria simples, e é o que atualmente denomina-se “Teste de Turing”, mas que o próprio denominou de “Jogo da Imitação”.

É preciso inadvertidamente efetuar as seguintes considerações: “Máquinas podem pensar?”. Necessita-se antes mesmo de formular tal indagação, ter-se em mente pelo menos dois aspectos colocados nesta simples questão. Primeiro conceituar a significância do que seria uma “máquina” e o que seria o ato de “pensar”. Claro que ficamos aqui em primeiras impressões um tanto quanto possíveis e dir-se-iam até usuais do significado das palavras “máquina” e “pensar”. Todavia um exame como elas são usadas de forma comum, tanto quanto possível, revela-se uma atitude perigosa. Isto porque, torna difícil então alcançar a abrangência dos termos per se. (Turing, 1950).

⁹ Alan Turing (nascido em 23 de junho de 1912, Londres, Inglaterra - falecido em 7 de junho de 1954, Wilmslow, Cheshire) matemático e lógico britânico que fez contribuições importantes para a matemática, criptoanálise, lógica, filosofia e biologia matemática e também para a denominada ciência da computação, ciência cognitiva, inteligência artificial e vida artificial. Fonte: Copeland, B.J.. "Alan Turing". *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>.

O que fica claro em consonância com os estudos de Alan Turing é o aspecto de que se deve atentar para o que queremos dizer com os termos: “máquina” e “pensar”, ou seja, as armadilhas da linguagem formal podem nos trair.

Então vamos ao “jogo da imitação” de Turing. Ele tem a participação de três indivíduos, A (homem), B (mulher) e o C (interrogador). Neste caso o interrogador fica enclausurado numa sala em separada dos outros dois, não é possível conhecer a sua identidade, por ora, ela permanece oculta. Este jogo tem sim um objetivo, de um lado o interrogador visa identificar qual dos outros dois indivíduos é homem ou mulher. Estabelecem-se então rótulos para o homem e a mulher, ou seja, X e Y, ao final do jogo ele deve desvendar e dizer; X é homem e Y é mulher ou vice-versa. Permite-se ao interrogador fazer perguntas para ambos.

Contudo é preciso destacar que conforme as próprias explanações de Turing, se deve atentar para o seguinte: não se deve utiliza o comando de voz para interrogação, as respostas devem ser escritas ou datilografadas, para manter o tom impessoal. O que seria o ideal para o “jogo”, seria colocar um equipamento para “imprimir” o diálogo entre as salas. Como opção podem haver as perguntas e respostas reprisadas por um intermediário. O jogador “B” pode auxiliar o interrogador “C”. (TURING, 1950).

De forma algébrica podemos expressar este algoritmo da seguinte forma: Dado A, B e C; e $A = Y$ ou $A = X$, e $B = Y$ ou $B = X$; então C conclui possivelmente que $A = Y$ e $B = X$; ou $A = X$ ou $B = Y$. Colocado aqui de forma resumida e objetiva.

Na figura a seguir temos a esquematização do Teste de Turing, na sua interpretação mais comum e lúdica.

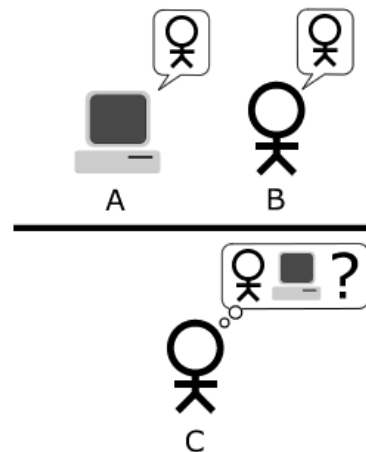


Figura 1: Representação do Teste de Turing
Fonte: Por Bilby - Obra do próprio, Domínio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3777581>

Contudo, é imperioso dizer que o Teste de Turing vai um pouco além. E a sua objetivação ontológica, compreende o cerne do “jogo da verdade”. Onde se substitui um dos participantes, seja ele A ou B, por uma máquina. O resultado é o seguinte; responder e entender a perguntas de cunho filosófico e existencial, advindas de uma inteligência operacional, onde não se leva em conta o mecanismo ou o engenho que produziu tal inteligência. Esta constitui-se numa definição clássica de inteligência computacional e artificial, onde os conceitos ontológicos e basilares fazem-se presentes para nós.

Colocado desta forma na visão de Turing, ainda tem no seu aspecto o fato de que a única inteligência capaz de dialogar sensatamente é a humana, bem como uma inteligência artificial é uma “mistificação”. É preciso destacar que em casos nem uma inteligência humana comum é capaz de compreender um diálogo, quanto mais um computador. Portanto é preciso destacar que esta visão impera no início dos anos 1950 e já se fazia presente o pensamento de Turing.

E antes de poder criar uma “inteligência artificial” (IA) é genericamente válido e preciso compreender o que é inteligência e como um raciocínio funciona principalmente o que tange ao seu processamento.

Tomado então como forma a parte da razão, do logicismo do pensamento humano, e que é comum aos ocidentais, principalmente europeus, este surgiu entre os gregos. E a partir de então tem sido a única forma possível de pensar. E quando é empregado em especulações de cunho filosófico e científico, liberta da relatividade historicista, e tende para representar o verdadeiro e o racionalmente válido. (SNELL, 2001).

O pensamento com forma da expressão humana da razão tem o seu advento e gestação no mundo grego clássico. Esta forma de especulação é utilizada com sucesso até hoje, e serve com sustentáculo basilar para uma definição inicial e genitora da IA, principalmente no concernente a questões referentes aos mecanismos do raciocínio humano.

Segundo nos diz Snell (2001, p. 01), *“Na Grécia nasceram concepções relativas ao homem e ao seu pensamento claro e diligente que influíram de modo decisivo na evolução européia dos séculos posteriores.”*

Do ponto de vista da computabilidade, é preciso destacar com veemência que a metodologia adotada por Turing é de contornos simples e objetivo. Constitui-se na personificação do que significa a metáfora computacional. Ele idealizou uma máquina abstrata, a “Máquina de Turing”, onde esta máquina pode ser utilizada e concebida para fazer qualquer tipo de cálculo ideado. Tendo uma definição formal para todos os cálculos imagináveis.

Colocando de forma sucinta aqui, das definições formais da “Máquina de Turing”, onde se funda o que objetiva o computador nos seus aspectos teóricos e até práticos.

Sumariamente a “Máquina de Turing” consiste em uma fita infinita com uma cabeça de leitura/escrita, onde se apresenta uma folha de papel e o lápis do computador, do ponto de vista abstrativo. Há um

mecanismo de controle, a metáfora dos estados mentais do calculador. O controle é efetuado por uma tabela finita, onde especifica-se para cada caractere a ser lido da fita para cada possível estado da máquina, e a cada nova ação um novo estado da máquina. Dentro deste contexto, há as seguintes ações possíveis, escrever um símbolo na fita e mover a cabeça de impressão para a direita ou para a esquerda.

Contudo as tabelas de controle são finitas, então a “Máquina de Turing” possibilita a codificação na forma de números inteiros, independentemente do tamanho deste. Parte-se então desta codificação para definir a tabela de controle geral (universal), na qual é possível fazer a decodificação de uma tabela armazenada na fita e poder executá-la. Este se personifica no conceito do que é e significa programa armazenado, utilizado nos computadores modernos como base prática e teórica.

Na figura a seguir a ilustração da “Máquina de Turing”.

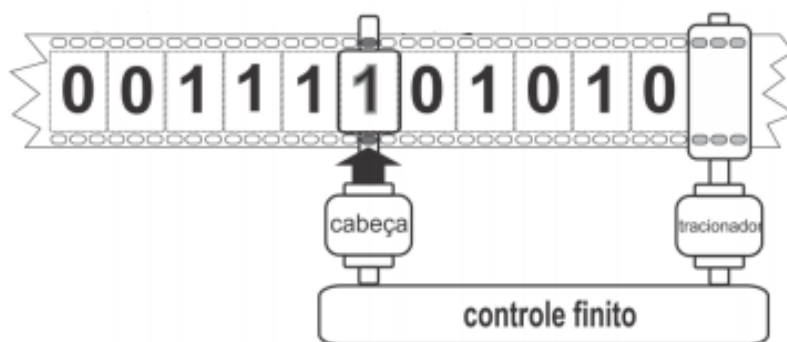


Figura 2: Máquina de Turing
Fonte: <https://wiki.inf.ufpr.br/>

Na esteira destas colocações o termo IA, no que tange a sua aplicação de cunho prático, há um substrato físico na qual ela deve-se apoiar. E este substrato físico personifica-se normalmente no computador digital. Por isso, o grande contributo de Turing para os desdobramentos futuros que a IA assumiu e assume na atualidade.

A Razão e a Mente – a chama do saber

Nem sempre as respostas são a melhor forma de atingirmos o âmago da problemática sobre qualquer tema. Contudo são nas questões e indagações que reside justamente à chama do saber. Isto porque força a mente a utilizar-se da razão para idear e acionar as questões imaginativas de especulação sobre o objeto em si.

Na esteira destas colocações, há indubitavelmente uma pergunta que nos atormenta desde tempos remotos. Um tempo que advém desde a existência dos filósofos clássicos da Grécia Antiga a mais de 2.500 anos atrás. E afinal? Que pergunta é essa?

Bom, a pergunta é a seguinte: qual a origem e de onde vem a consciência humana? Sabe-se que ela existe, temos de certa forma consciência da consciência, pelo menos em nós mesmos. Entretanto como ela emerge? E quais as reações eletroquímicas que ocorrem em nosso cérebro? É um mistério por ser resolvido.

Colocando desta forma é preciso teorizar qual a sua consciência e as suas propriedades físicas e qual a sua relação com o mundo que nos circunda. Essas suas umas questões levantadas por Giulio Tononi, psiquiatra e neurocientista italiano.

Na visão de Tononi é preciso indicar que a consciência é maximamente única e irreduzível. A consciência se personifica em um modelo do mundo, de como ele é e poderia vir a ser. Ela foi edificada pouco a pouco ao longo de milhões de anos, moldada por diferentes povos e civilizações, escolas de pensamentos filosóficos e raciocínios abstrativos de conhecimento do homem. Personificando-se em um escopo e padrão tecido na linguagem do cérebro, onde o mundo pode ser ideado. (Tononi, 2014).

Para objetivamente buscar alcançar patamares mais “realistas” e aproximativos da capacidade humana de raciocínio e do pensar, às questões correlatas a IA devem impreterivelmente penetrar no âmago da consciência humana. Ensejando entender o mecanismo do seu funcionamento, e tudo o que cerca a razão e mente humana. Não há dúvidas que personifica-se numa jornada excitante e cheia de desafios.

Em se tratando da consciência humana tem-se em cada experiência vivida uma maneira particular, composta de um conjunto de fenômenos únicos, na qual se diferenciam das outras experiências. Como por exemplo, quando vivenciamos uma experiência que tem dois fatores: a escuridão e o silêncio. Então a escuridão e o silêncio, são o que são, por motivos na qual abarcam as ausências de luz e som, de cores e formas. E assim sendo, difere de um grande número de alternativas de experiências que a pessoa poderia ter. Bastando considerar todas as alternativas plausíveis, em que pesem as percepções visuais associadas personificam-se em um pequeno conjunto de todas as experiências possíveis. (Tononi & Koch, 2015).

Nas asseverações de Tononi e Koch consoantes à consciência batem na tecla de que é uma força unificada, conforme dizem: *“Consciousness is unified: each experience is irreducible to non interdependent subsets of phenomenal distinctions.”* Um aspecto calcado na consciência ser unificada, em que cada experiência é irreduzível, “UNA”, sendo o antagonismo de um funcionamento dado via conjuntos subconjuntos interdependentes distintos nos seus fenômenos.

A consciência é definida, dentro de um contexto conceitual centrado no espaço-temporal granular. Atentando para que cada experiência seja composta de um conjunto de distinções fenomenais. Portanto, é possível conjecturar o seguinte: *“eu sei que estou consciente, eu estou vendo, ouvindo, sentindo algo aqui dentro da minha cabeça.”* A consciência enquanto uma experiência subjetiva, também deve estar

presente na cabeça dos outros. E também na cabeça dos animais? E das máquinas? É preciso considerar que máquinas estão cada vez mais próximas de passar no teste de Turing, como computadores programados para realizarem tarefas tão bem quanto os humanos. (Tononi & Koch, 2015).

Sem dúvidas que o processo cognitivo da consciência humana é intrincado e tem reais contornos complexos. Contudo uma porta para o seu desenvolvimento e exponenciação criativa, é tributário da linguagem enquanto processo social e evolutivo.

Linguagem Sintática como Base da Inteligência

É impreterivelmente muito difícil ter um ato imaginativo em que uma criatura privada da linguagem, possa ter a capacidade intelectual e de organização social basilar e assim alavancar o processo civilizatório. ◇

Conforme apregoa Calvin (1998) coloca: *"Temos uma linguagem sintática capaz de admitir a metáfora e o raciocínio analógico."* O ser humano tem a valência de efetuar um planejamento das suas ações, bem como imaginar cenários possíveis para problemas postos, além de vislumbrar possibilidades futuras. Para em seguida, depois de vencida a etapa analítico-cognitiva efetuar escolhas que levam em consideração contingências remotas e paralelas. Ainda no concernente à condição humana, e levando em conta a sintaxe da linguagem conforme Calvin (1998) diz: *"Não há dúvida de que a sintaxe é o tema com o qual os níveis humanos de inteligência estão em sua maior parte relacionados [...]."*

É, portanto imperioso complementar às colocações aventadas por Calvin (1998), e traçando um panorama em que caso houvesse a completa ausência da faculdade da sintaxe os seres humanos, estaríamos praticamente em pé de igualdade com os chimpanzés, os

nossos “parentes” próximos. Deste modo a sintaxe na linguagem em que nos permite organizar analogamente o palavreado, admitir metáforas e analogias “tolas” ou “sofisticadas”, somado ao fato da capacidade logicista de abstrativa, nos dota de suma vantagem no campo evolutivo. E abre as portas para um verdadeiro mundo de possibilidades intelectuais de aprimoramento da capacidade cognitiva. Contudo é preciso salientar que, a nossa aptidão já intrínseca para a linguagem, deve ser desenvolvida desde a infância da pessoa.

Do ponto de vista de sintaxe da linguagem, coadunada com a capacidade humana de planejamento, desenvolve-se gradualmente, tomando como ponto de partida às narrativas da infância. Constituindo-se numa das principais bases para as escolhas éticas futuras. Isto porque, no curso de uma ação normal num processo de inferência de raciocínio, os seus efeitos sobre os outros e do resultado de optar por não executar. Então ao tomar-se emprestado as estruturas mentais da sintaxe, na qual é pertinaz julgar outras combinações de ações possíveis. Tem como fértil resultado, ampliar a capacidade de planejamento, e da inteligência.

Calvin (1998) a respeito desta colocação afiança; a nossa capacidade de planejar e ampliação da capacidade cognitiva, se dá em muitos casos, quando conversamos com nós mesmos silenciosamente. Há então a produção mental de narrativas tomando como ponto de partida o que poderá acontecer a seguir, para após aplicar regras de combinação semelhante à sintaxe para avaliar o processo de pensamento.

Então para poder ter no horizonte do desenvolvimento de um equipamento calcado em IA, é preciso levar em conta o imperioso aspecto de que o processo inferencial-cognitivo humano e suas nuances sofisticadas em conta.

Toma-se então como timoneiro do que objetiva-se a centralidade da IA, é ser um arcabouço teórico primeiramente. Com a criação de teorias e de modelos teóricos, para a capacidade cognitiva com viés prático, visando à implementação de sistemas computacionais que são baseados nestes modelos. A IA, tem como relação no seu objeto de estudo coadunada com a psicologia. Contudo, há uma elementar diferença; os modelos que tem como base a IA, são necessariamente implementados em um computador, os tornado sob certos aspectos autônomos, híbridos e dotados de certa mobilidade de vã ilusão de naturalidade. Ao ponto que um modelo totalmente psicológico necessita ser provado numa comparação dos seus resultados previstos com o comportamento psíquico humano.

A Intuição e a Lógica, visões complementares

Jacob Bazarian (1973) nos diz: *“Desde Platão até nossos dias, costuma-se contrapor intuição e lógica, como se fossem duas coisas opostas. Consideram a intuição superior à lógica.”*

É uma posição que assumimos normalmente porque a intuição ocorre de forma repentina como que milagreira, sem um processo de raciocínio *a priori*. Então a solução dada via intuição, quebra das regras rígidas da lógica, um verdadeiro “crime”, um desrespeito contra os padrões de regras da lógica. E devido ao vital fato que um processo intuitivo abstém-se da lógica vigente enquanto etapa de um pensamento abstrato, na qual não foi possível chegar á determinada conclusão, do modo em que se chegou via intuição. Conceitos filosóficos justamente põem à intuição superior à razão, colocando-a como uma área da supra-razão, de contornos irracionais e mesmo sobrenatural.

A intuição vem à tona como faculdade de solução de um problema, justamente quando a lógica tradicional não tem condições de encontrar uma solução. A intuição penetra no âmago do objeto e capta a sua realidade ontológica, o padrão estrutural em que está calcada a realidade. Então o novo conhecimento, na qual foi descoberto pela intuição, vem a incrementar os conhecimentos já existentes, ensejando alargar os horizontes, os limites basilares dos padrões logicistas do indivíduo.

O papel da intuição concerne em antecipar à lógica, ao pensamento discursivo. Há um regramento interessante neste ponto, o de que a intuição é somente a gênese primária no processo da descoberta, sendo depois de desdobrada e ampliada pelo pensamento lógico. Sendo que dentro do processo de conhecimento, na qual acerca a solução de uma problemática, de qualquer natureza, sendo teórica ou prática, tem-se a intuição e lógica irmanadas, assumindo uma parceria desde o início até o fim do processo. (Bazarian, 1973).

A intuição e a lógica, bases sólidas do processo heurístico¹⁰, dentro da inferência racional do pensamento, complementa-se uma a outra. Andam juntas, sendo ambas são um reflexo claro da realidade objetiva e compõe o pensamento discursivo nas suas nuances. Havendo uma unidade discursiva dialética (argumentação e síntese dos fatos), por intermédio do conhecimento intuitivo e discursivo, sob uma ótica lógica e racional.

A unidade dialética é o entrosamento entre os opostos dentro de um processo argumentativo. Havendo a interpretação e de transformação, personificando-se no processo do conhecimento intuitivo transformar-se em discursivo e vice-versa. (Bazarian, 1973).

¹⁰ Consistem em processos cognitivos empregados em decisões não racionais, sendo definidas como estratégias que ignoram parte da informação com o objetivo de tornar a escolha mais fácil e rápida.

O processo de pensamento heurístico é fundamental quando se enseja edificar um modelo calcado na IA, haja vista que faz parte indissociável da cognoscibilidade humana. Já que um dos objetivos da IA é de certa forma “simular” ou mesmo “imitar” às ações de raciocínio humano. A materialização do campo da heurística nas manifestações racionais humanas é um ponto fundamental para compreender profundamente o mecanismo do pensamento, e assim transladá-lo para modelagens baseadas em IA.

Um processo inteligente consiste no âmago do raciocínio sobre o mundo externo, divorciado do “eu interior”, portanto. É um processo de interpretação e de representações formais adequadas, sendo possível edificar um modelo de raciocínio sobre si mesmo, tomando como o ponto de partida, o processo de “imitação” e representação formal acerca da estrutura nas suas representações e sobre a sua operação.

Neste contexto a hipótese de representação de conhecimento é um ponto de equilíbrio entre duas posições; ter uma relação à representação do mundo, enquanto que às preocupações da eficiência do enfoque procedural, ocorre à determinação a construção do componente interpretador. Personifica-se então na metodologia baseada em sistemas especialistas, sendo um embasamento sólido para os primeiros passos da IA, onde tornou-se possível projetar e construir programas que apresentam um desempenho intelectual assemelhado ao humano.

Representação do Conhecimento, também um saber Socrático

É importante destacar nesta parte da obra, um aspecto que remonta nas agruras dos tempos, retornando ao “Mundo Grego Clássico”, de cerca de 2.500 anos atrás. Onde no alvorecer da filosofia da

epísteme na sua gênese, temos em Sócrates¹¹ uma definição interessante para o conhecimento e a sapiência.

Na visão socrática toma como exemplificação o marceneiro, que impreterivelmente deve “saber” o que é uma boa mesa para poder construí-la. Igualmente o homem deve antes “saber” o que é “bom” para assim agir bem e com virtude. A imagem que vem a mente de Sócrates, a respeito de um “ofício” (profissão) no caos a de marceneiro, do grego ático que significa “saber” – é a epísteme (ἐπιστήμη). Em que compreende a não apenas questão teórica como as palavras do grego jônico na qual tem a indicação de significância – saber e conhecimento, mas também o lado prático do saber. Colocado de uma forma pragmática esta conceituação, temos então: saber como aspecto do conhecimento que serve para a designação da habilidade nas profissões manuais. (Snell, 2001).

Então nesta concepção calcada na obra de Snell a respeito das origens do pensamento europeu, em que está arraigada a cultura grega como estandarte relevante e primário. É concepção de Sócrates a respeito do saber, como uma nítida inclinação para um interesse prático. É necessário, portanto o conhecimento prático (πρακτική), para desenvolver a teoria, pois é somente na prática que colocamos a prova o *sapere* armazenado na mente e podemos com isso, validá-lo e ampliá-lo. Conforme bem coloca Snell (2001): “(...) Sócrates exige para cada ação um conhecimento específico que lhe determine a execução.”

Sócrates, no entanto de forma niilista até pode-se dizer, teve a exata noção da sua ignorância. Denotando claramente que o conhecimento humano, é essencialmente limitado, e tragicamente é apenas uma forma de sabermos e “tocarmos” singelamente o universal, o cosmo na sua magnitude absoluta. Urde, portanto trabalharmos num viés perspectivo

¹¹ Sócrates (nascido em 470 a.C., Atenas - falecido em 399 a.C., Atenas) antigo filósofo grego cujo modo de vida, caráter e pensamento exerceram uma profunda influência na antiguidade clássica e na filosofia ocidental. Fonte: Kraut, Richard. "Socrates". *Encyclopedia Britannica*. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Socrates>

de transversalidade e multidisciplinaridade para buscar-se cada vez mais galgar patamares maiores de compreensão e sapiência a respeito de tudo o que nos cerca. Não é diferente na perspectiva da IA, é um campo em que na sua complementaridade está primeiramente a intrinsecamente arraigado áreas do saber tradicionais, como: a psicologia, linguística e a filosofia. E no campo fabuloso da IA, quando implementados os seus preceitos e conceitos em um equipamento de processamento de dados (computador), há indubitavelmente vantagens assíncronas que percebemos não de forma simultânea, mas que tem desdobramentos futuros interessantes e imensuráveis. Winston coloca a respeito da capacidade e potência de softwares computacionais para processamento.

Os programas de computador possuem paciência ilimitada, não requerem alimentação e não mordem. Além disso, é simples privar um programa de computador de uma parcela de conhecimento de maneira a avaliara a importância da mesma. É impossível trabalhar com cérebros animais com a mesma precisão. (Winston, 1988, p. 02).

Neste aspecto a IA enseja colocar um novo ponto de vista em que traz no seu bojo uma metodologia que conduz inevitavelmente a novas teorias. Metodologia esta que permeia por envolver programas inteligentes e que podem invariavelmente auxiliar as pessoas a exponenciar o seu conhecimento, abrindo uma inegável possibilidade de representá-lo sob forma automática.

O processo de conhecimento passa por fases em que nos é deveras nebuloso, conceituar de forma clara e específica. Contudo urde colocar o seguinte aspecto, o conhecimento do colocado sob o ponto de vista computacional resume-se na justaposição dos dados armazenados, algoritmos aplicados para o tratamento destes dados. Estes dados interpretados e processados sob a roupagem da informação, em que a *posteriori*, gerar o conhecimento. (Marin, 2024).

Colocado aqui de forma generalista e *a priori*, o processo de conhecimento tem um intrínseca relação importante com a aproximação

com o objeto a ser conhecido. Independentemente aqui do objeto a ser material ou mesmo classificado como abstrato. Dito de outra forma, mais sintetizada, o conhecimento dá-se por aproximação, gradativa e contínua com o objeto *a priori* estranho ao intelecto seja ele biológico ou mesmo mecânico. Marin (2024) a respeito do assunto diz: “(...) o conhecimento dá-se por aproximação, e uma junção sincrônica com a análise e o processo da inferência, tangencialmente referente ao objeto e o observador (...).”

A representação do conhecimento nos traz à baila, todo um processo classificado como “inteligente”. Um processo que justamente conta com um interpretador, na qual é um agente dotado de capacidade de manipular as representações que são percebidas pelo observador externo. O interlocutor do processo é então o computador, ele que interpreta e faz a ponte entre o objeto ou dado a ser interpretado ou mesmo manipulado e o homem (observador).

O conhecimento nem sempre está explícito e reside na superficialidade da verbalização ou mesmo de uma base de dados qualquer. Ele (o conhecimento) sumariamente não é palpável e muito menos quantificável. É uma entidade pode-se assim dizer, de cunho totalmente abstrato. Neste aspecto a capacidade do indivíduo criar, gerar e exponenciar o conhecimento, seja ele individual ou mesmo no âmbito empresarial, está ligado na formação do intelecto, é, contudo um fato possível graças ao processo educacional do indivíduo.

Ainda a respeito de conhecimento é oportuno mencionar que, conforme as palavras de Marin (2024): “Conhecer é um ato estritamente associado a incorporação de conceitos e conseqüentemente saberes novos.” O conhecimento dificilmente é dado *a priori*, ele basicamente dá-se posterior a experiência, ou seja, após o contato com o objeto cognoscente. O conhecimento nunca brota em nossas mente ao léu, vazio e desprovido de uma experiência. As nossas experiências são

acumuladas no decorrer da vida, passadas por um intrincado processo inferencial de viés lógico/dedutivo, para posteriormente ficar retido na memória. Além das experiências é necessário destacar que o conhecimento também advém dos relacionamentos entre pessoas, leituras e práticas do dia a dia.

No tangente a tipificação dos conhecimentos, é possível classificá-los como: conhecimento empírico, conhecimento filosófico, conhecimento teológico e conhecimento científico.

A projeção da uma boa representação do conhecimento é, portanto um aspecto importante para transformar problemas difíceis em simples. Contudo é relevante promover o estabelecimento que símbolos uma determinada representação deverá utilizar e como eles devem ser dispostos, a fim de poder ter uma descrição significativa de problemas particulares.

É preciso, contudo, nos familiarizarmos com alguns termos necessários, conforme aventa a obra de Winston, sendo eles: a representação, sintaxe e a semântica.

Uma representação é um conjunto de convenções sintáticas e semânticas que torna possível descrever coisas. A sintaxe de uma representação especifica os símbolos que podem ser usados e as maneiras como esses símbolos podem ser arrumados. A semântica de uma representação especifica como o significado está incorporado nos símbolos e nas disposições de símbolos permitidos pela sintaxe. (Winston, 1988, p. 244).

Todas as representações do conhecimento, contudo, devem oferecer o favorecimento de maneira a denotar objetos e de descrever as relações válidas entre eles. A sintaxe de uma rede semântica é simples: são objetos e relações entre os pares de objetos. Os objetos são denotados e nominados por círculos com seus respectivos rótulos, e as relações são nominadas por flechas rotuladas.

E na esteira deste assunto, trataremos a seguir de questões importantes no âmbito da IA e os seus desdobramentos possíveis. A

“ética” que prenuncia uma era que se alvoroça com o desenvolvimento da IA, na qual é importante regressar ao “Mundo Grego Clássico”, para tratar dos aspectos iniciais.

Ética na IA, o alvorecer de uma era

É imprescindível ao falarmos da ética no campo da IA, sem, contudo retornar ao passado, lá nas agruras do tempo, cerca e 2,5 mil anos atrás. E sumariamente destacar uma explosão intelectual que se abateu no “mundo conhecido”, na qual se teve avanços significativos em praticamente todas às áreas do saber na Grécia Antiga e o espaço geográfico e cultural compreendido pelo “povo grego”.

Reiterar que a base das teorizações pertinentes ao que vem a ser moral e ética nos termos atuais advém daquele tempo conhecido como a Grécia Clássica e a sua civilização que impactou o mundo. Entretanto tratar aqui das razões puramente ontológicas a respeito de moral e ética estão fora do escopo deste livro. Recomenda-se, contudo para ter uma noção mais aprofundada sobre a temática, uma visitação nas obras basilares de Aristóteles e Platão, não se esquecendo evidente, dos diálogos atribuídos a Sócrates. Esta é a tríade grega, atemporal por natureza e nos fornece uma noção interessante e sofisticada sobre estes temas sempre em voga na sociedade.

E como a IA é uma coisa que veio para ficar cumpre-nos tratar das questões de cunho moral e ético.

É imperioso conceituar que por moral, entende-se como uma atividade humana, que é prática e teórica, ou seja, materialista e espiritual. E entre as atividades humanas principalmente nas relações e interações sociais, têm-se aquelas que são julgadas como melhores e as que são julgadas como piores. É um sistema classificativo social, que julga

às ações dos indivíduos, fazendo com que desenvolvemos um nato sistema de justiça. Então chega-se ao fato de que uma ação é julgada boa, pelo fato de ser justa, atribuindo-se uma valoração benéfica na distribuição do bem; e ao antagônico é má, porque é injusta, quando é classificada como maléfica à realização humana. (Santos, 2004).

A moral é de forma pura e simples, como enfatizam as palavras de Santos (2004), o seguinte: *“conjunto de hábitos e costumes, efetivamente vivenciados por um grupo humano.”* Contudo é interessante destacar que a moral não é *per se* a justiça. Muito embora todo o ato moral é sempre justo, contudo a Lei e sua aplicação, que é um instrumento formal e promulgado que intenta garantir a aplicação da justiça, nem sempre é moral, apesar de personificar-se como a formalização da moral *a priori*.

Concernente à ética – é um tema que tem uma significância mais profunda quando colocada num quadro comparativo e contrapondo-a com a moral e a lei. A ética é imprescindível na vivência e no trato humano, ela é calcada fortemente nas questões da razão humana, dotada de certo pragmatismo e grande reflexão de nossas ações.

A ética personifica-se como o ato reflexivo e crítico sobre a ação humana. Na qual extrai como produto um conjunto excelente de ações para aplicabilidade no convívio social. É uma reflexão e os seus objetos são a moral e a lei, objetiva aprimorar as atividades de realização do ser humano, numa busca constante pela excelência. É importante relatar que a ética não é *per se* impositiva, ela detém-se a ser um meio propositivo para refinamento teórico e conceitual da moral e da lei. (Santos, 2004).

Então a ética dentro do escopo da IA, visa tratar e usar este aparato tecnológico, conceitual e de conhecimento de forma responsável. Dentro destas colocações às Orientações da UNESCO (2022), são claras: *“[...] a ética da IA como uma reflexão normativa sistemática, com base*

em um marco holístico, abrangente, multicultural e em evolução de valores, princípios e ações interdependentes que podem orientar as sociedades [...].” A IA com um empreendimento humano está atrelada às questões que permeiam a sociedade mundial. É, contudo pertinaz destacar alguns princípios coadunados com as orientações da UNESCO (2022) concernentes a IA.

- **Privacidade e Segurança:** que o conteúdo de cunho pessoal não seja utilizado e pelo público em geral, com armazenamento seguro;
- **Inclusão:** garantir o acesso a tecnologias da IA, a manutenção da ética nas ações, haja vista que é uma responsabilização de caráter humano;
- **Responsabilização:** a respeito de tudo o que for gerado e processado pela IA, é uma responsabilidade humana;
- **Transparência:** garantia da origem dos dados processados e gerador pela IA, a forma como serão apresentados, consumidos e tratados;
- **Imparcialidade:** ponto em que os conteúdos são tratados, por meio de um processo analítico eliminando tendências a um tratamento de certo tema.

É imperioso, portanto ter em mente certos aspectos que permeiam profundamente a IA no tangente à própria utilização da IA. Ora, é fato sabido que qualquer aplicação computacional ou mesmo com um viés eletrônico neste caso utiliza dados na forma bruta. Então dentro do contexto de aplicações baseadas em IA, é importante a prática responsável da utilização dos dados. Este aspecto concerne em como os dados serão tratados e treinados pelos sistemas. Indo também até aspectos da própria identificação dos dados e suas fontes ideais. Além da utilização segura dos dados, com delimitações pautadas pela ética, entendendo sumariamente a objetivação geral em que a IA está sendo

utilizada (seja para o noticiário, ciência, fatos históricos, etc), com um entendimento real e racional do público alvo (destinatário). Garantir a franca possibilidade de rastreio dos resultados, com a viabilidade de auditoria humana que qualquer ação de um sistema de IA, para fins de entendimento e propriamente investigação de como a IA fez uma determinada ação e o caminho que percorreu na forma sistemática.

Personifica-se como de grande importância tratar primeiramente nesta obra de assuntos mais genéricos e abrangentes, pode-se assim dizê-los; pessoalizados como divagatórios. Mas é fato que vislumbramos uma nova era, em que há grande oportunidade de desenvolvimento e consequente utilização da IA no auxílio à aceleração e exponenciação da capacidade humana, como atividade de produção e de criação. Entretanto não há uma plena garantia de que tudo ocorrerá pacificamente e organicamente, como um jogo pré-definido e planejado. É preciso sim engajar as pessoas nesta nova era do saber. E igualmente necessário assegurar que as ações de ética sejam preservadas, assumindo um papel de controlador humano neste ponto. Onde o ser humano é o ator principal.

O que fica como tema de reflexão é o fato de que, em que pese vivermos numa era pautada pela razão e pensamento pragmático – ou seja, num universo cartesiano, é preciso por momentos libertar-se das amarras da “razão”. O pensamento racional – pragmático tem um alto poder de encantamento, vide às realizações das ciências e os avanços, melhorias e benesses que proporcionou e proporciona a humanidade. Ele nos inebria e alucina-nos a cada momento. E chega a ser um ato sacrílego questioná-lo! Mas, contudo como bem aventam às bases da ciência que é, sobretudo em empreendimento racional, é preciso questionar e pôr em lençóis dúbios tudo, até as certezas.

Cumpre colocarem-se aqui igualmente aspectos importantes no campo da IA e que cabem muito bem nesta parte da obra. Aspectos

estes concernentes claro no que tange a questão ética e mesmo de reprodução mecânica de funções mentais (pensamentos e atividade cerebral de raciocínio). Diante disso é importante realizar o seguinte exercício mental: se for possível fazer a imitação de algumas poucas funções mentais do cérebro humano em uma estrutura eletrônica e computacional; é igualmente possível também imitar todas as demais funções mentais. Seriam então os estados físicos organizados dentro de uma lógica complexa e estrutural a criação artificial quase que fidedigna dos estados mentais de um indivíduo. É um aspecto conclusivo interessante e digno de análise profunda.

Conforme o aventado no parágrafo acima, seria em tese, possível uma imitação caracteristicamente perfeita da mente humana na sua estrutura funcional, algo como uma duplicação da original. Sendo um aspecto determinístico que abarca a subjetividade na qual caracteriza singularmente a mente humana por meio de estruturas físicas. (Viana, 2016).

E isto nos leva inadvertidamente para o que se denomina filosoficamente de "teoria funcionalista". Teoria esta que nos leva a categorizar a função enquanto meio para executar um raciocínio mental.

E a respeito do funcionalismo, Viana (2016) nos diz: *"Para o funcionalismo (F), estados mentais são idênticos ao papel causal que eles exercem em determinado sistema do qual são parte."* Então, as funções quaisquer que sejam elas, que são executadas pelos estados mentais (raciocínio), são viabilizadas porque existe uma estrutura cerebral afim, contudo, a função não é idêntica ao cérebro. Como conclusão do arrazoamento, Viana (2016) afirma: *"Na realidade, a função pode, inclusive, ser instanciada em outras estruturas físicas, como um computador."* A questão da identidade neste aspecto teórico posto aqui, assume uma configuração em que o mental e o físico são idênticos, o que gera a potencialidade e possibilidade de realização física de estados

mentais. Tendo por base o fato objetivo que o mental nada mais passa de um estado que pode perfeitamente ser instanciado em qualquer estrutura física, no caso aqui num computador.

A IA abriu a franca possibilidade de flertar em derrubar talvez uma das últimas barreiras que tornam os seres humanos únicos e especiais, bom, pelo menos do ponto de vista nosso. Relacionado evidentemente com a capacidade de sermos indivíduos dotados de grandes e únicas valências mentais. Ficando então um questionamento oportuno e válido atualmente. É possível transportar a consciência e atividade cerebral humana para uma máquina de natureza mecânico-eletrônica?

Primeiro para ao menos objetarmos clarificar o assunto, é preciso e imperioso dizer que a linguagem exerce um papel fundamental na nossa personalidade e consciência. Até porque uma depende intimamente da outra. Viana (2016) nos diz: “(...) *não há linguagem sem consciência.*”
Necessita-se saber qual o lugar e a natureza da consciência no mundo físico, as condições envoltas e concernentes para ela emergir no mundo natural. Isto é ainda um mistério! É, contudo uma pergunta ontológica fundamental para podermos aventar questões mais profundas a respeito da IA e suas potencialidades. Talvez haja uma resposta que orbite em uma metaestrutura acima dos conceitos racionais aqui postos, que é a metafísica. Levando em conta temas muito caros para a própria essência humana como: natureza das entidades física e mental, conceituação de indivíduo, consciência, vida, livre-arbítrio, absoluto, imortalidade do espírito, apenas para elencarmos os principais, mas seguramente há mais temas nesta linha de pensamento. Porém é imprescindível colocar que os temas essencialmente humanos citados acima se personificam em problemas realmente metafísicos? Ou podem singelamente ser reduzidos a um quadro mais físico e mecânico? É neste aspecto importante, quando adotamos uma visão crítica e profundamente questionadora, adentrarmos no campo da ontologia filosófica, isto é reduzir à essência às

coisas do mundo, ou pelo menos tentar. E cair na mesma armadilha paradoxal logicista que o estagirita Aristóteles caiu a 2,5 mil anos atrás: *“há no mundo apenas entidades físicas ou devemos reconhecer também entidades metafísicas.”*

O importante é termos as perguntas para podermos nortear a pesquisa e assim chegar mais perto das respostas!

De forma alguma se almeja em reduzir ou mesmo aniquilar a relevância do pensamento racional – pragmático e o seu impacto na civilização, nem mesmo reduzi-lo a mero engenho mecânico-físico. O problema, não está neste ponto. A problemática reside justamente em crer piamente que todas as soluções para o uso em excesso da tecnologia e os seus efeitos colaterais, está no pensamento racional – pragmático. É um fato a ser pensado! É, portanto imperioso colocar uma ponta de dúvida no dogma da racionalidade.

Nos próximos capítulos adentrar-se-ão em temas de caráter mais tecnicistas relativos a IA e os seus desdobramentos; tais como: agentes, sistemas especialistas, lógica nebulosa, redes neurais, aprendizado de máquina e interação com o ambiente. São temas palatáveis e práticos que se apresentam dentro do campo da IA.

II

A RAZÃO E A MENTE - A CHAMA DO SABER

II

Capítulo II – Os Agentes, do abstrato ao físico

É impreterível dentro do campo da IA que há diversas correntes de saber e formas de vê-la dentro do contexto da aplicabilidade e propriamente conceituação. A IA tem se tornado intensamente popular, bem como máquinas com diferentes níveis e estágios de inteligência vem sendo utilizados largamente. Hoje a IA é uma realidade, as suas implicações já começam a se fazer sentir no âmbito da sociedade e se acentuarão no futuro.

A manipulação do ambiente por agentes dotados de capacidade inferencial é um dos temas renitentes da IA. Pode-se dizer que “agentes inteligentes” personificam-se como dispositivos de hardware ou de software, dotados da capacidade de perceberem o ambiente em que estão inseridos. E fazendo uso de sensores atuam no ambiente em si.

Agentes dotados de “inteligência” consistem de softwares que objetivam executar um conjunto de operações em lugar de um usuário. Os agentes na condição de assumir o lugar do indivíduo, enquanto um software programado realiza diálogos para processar e negociar, além de coordenar a transferência de informação que será utilizada na execução de ordens para a realização de tarefas afins.

A aplicação mais popularmente conhecida para agentes “inteligentes” é a do aspirador de pó, na qual o dispositivo tem vários sensores que objetivam identificar a presença da sujeira. Ao detectar a sujeira, os atuadores entram em ação, recolhendo-a. Ao não encontrar a sujeira, o aspirador segue adiante, realizando o movimento para a direita ou para a esquerda, numa opção aleatória. (Artero, 2009).

A primeira vista pode-se inferir que os agentes são apenas possíveis empregando um sistema conjunto de hardware e software. Mas é possível ter um agente apenas baseado em software de contornos abstratos.

É o caso de um agente baseado apenas em software, de uma aplicação que objetiva procurar rotas de voos em uma base de conhecimento e efetua as reservas. É um caso em que o uso de um agente de IA atua consoante ao ambiente é bastante indicado. (Artero, 2009).

É importante definir ou pelo menos efetuar uma conceituação a respeito da terminologia “agente” dentro do âmbito da IA. A *per se*, um agente é personificado como um “robô”.

Os robôs teriam em si, muitas capacidades na qual as pessoas têm. Muito embora não as realizassem da mesma maneira. Capacidades estas que englobariam sensores e a capacidade sensorial, manipuladores e controle de manipular, e a solução de problemas orientados especialmente e em relação ao objeto. Os robôs necessitam de matemática, de cinemática e dinâmica para ser um projeto realizável. (Winston, 1988).

Ainda tratando-se dos agentes no âmbito da IA, personifica-se em uma entidade dotada de capacidades de interação dinâmica com o ambiente, dirigido a um objetivo em si. A arquitetura de um agente possui um mecanismo que lhe permite recolher informações do ambiente, na qual permite atuar sobre o ambiente de forma incisiva, e além de processos que permitem definir qual a melhor opção a ser realizada, efetuando o processo decisório. No concernente ao processo de decisão, é imperioso destacar que quanto mais sofisticado o será, igualmente mais complexa caracteriza-se a tarefa e/ou o ambiente em que está imbuído. (Costa & Simões, 2015). A seguir a imagem represente de forma figurativa a arquitetura de um agente.

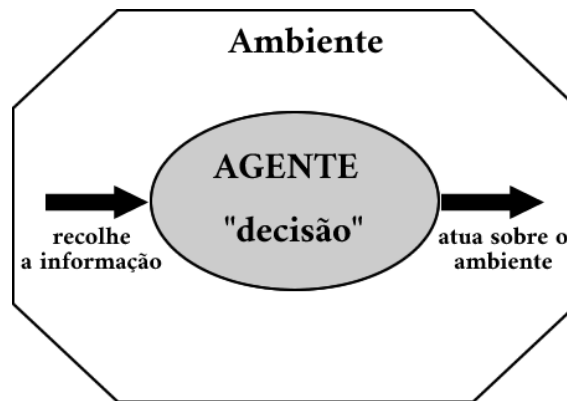


Figura 3: Arquitetura do Agente
Fonte: O Autor.

O agente, destacando aqui os seus aspectos abstratos e concernentes à questão da aprendizagem, que permite ao indivíduo (agente) que tem a capacidade de aprender levando em conta a sua interação total com o ambiente.

Tangente à aprendizagem por reforço no âmbito dos agentes, é uma das abordagens tradicionais referentes a IA. É onde os sistemas aprendem através de exemplos e parâmetros de entradas e saídas. A aprendizagem por reforço consiste no aprendizado do mapeamento dos estados e ações de modo que um valor numérico de retorno que seja maximizado. A seguir a figura ilustra um agente interagindo com o ambiente num processo de aprendizado.

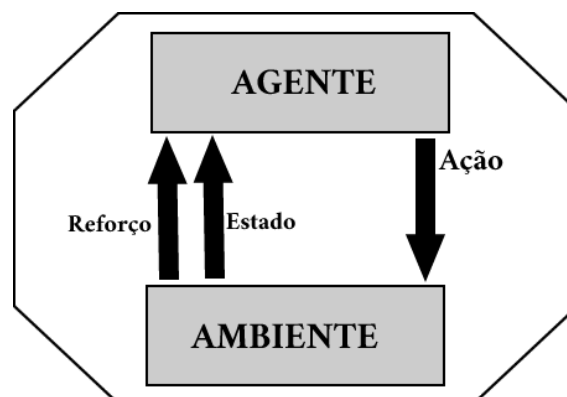


Figura 4: Agente e aprendizagem por reforço
Fonte: O Autor.

O ambiente é onde o agente interage. Evidentemente que o agente enfrenta diferentes tipos de ambientes, sendo eles simples e complexos. E

o modo como o agente faz a apreensão do ambiente depende diretamente da sua capacidade de aprendizado. No aprendizado por reforço, não há conjunto de dados prévio de treinamento para fins analíticos e de adequações e ajustamentos dos pesos de entrada e saída do sistema/agente. O agente deve aprender por intermédio das suas interações com o ambiente em si.

Então quando um determinado sistema encontra-se em um estado dados por "s", no valor recebido $V_{\pi}(s)$ como recompensa, contudo após a execução das ações segue um "script", ou seja, uma política π , sendo definido como a soma das recompensas, que são recebidas a cada ação. Contudo às ações tomadas mais tarde podem ter peso menor, sendo que é compensado com um fator de desconto temporal dado por γ . Conforme a representação a seguir:

$$V_{\pi}(s) = E \left(\sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t r_t \right)$$

Já para cada estado que o sistema do agente assume um valor máximo para a recompensa acumulada recebida é dada por:

$$V_{\pi}^*(s) = \max_{\pi} E (V_{\pi}^*(s))$$

É importante frisar que na aprendizagem por reforço, o agente escolhe qual ação irá tomar e não somente o valor de recompensa deve ser considerado, mas igualmente e prioritariamente o próximo estado a ser atingido. Em seguida iremos explorar os diferentes tipos de agentes e suas implicações na IA.

Agentes Reativos, a simplicidade em voga

Os agentes classificados como reativos são máquinas dotadas de simplicidade na sua arquitetura, sem estado interno. Eles limitam-se a reagir aos estímulos que recebem do ambiente.

Há então os agentes de características estritamente reativas que são "máquinas" dotadas de simplicidade, em que não possuem um estado interno de processamento. Este aspecto então exerce um poder limitador na reação a estímulos recebidos do ambiente externo. (Costa & Simões, 2015).

Os agentes reativos baseados numa estrutura simples têm um conjunto de regras que são da tipologia condição-ação. É possível programá-lo apenas com duas regras, como por exemplo: X1 – "se valor da nota fiscal > 100,00 então valor elevado" e X2 – "se valor da nota fiscal < 100,00 então valor baixo". É possível então fazer tranquilamente a substituição de uma tabela de valores já pré-definida com valores possíveis em cada caso em específico. A figura abaixo esquematiza como é a estrutura de um agente simples, com sensores de leitura de dados.

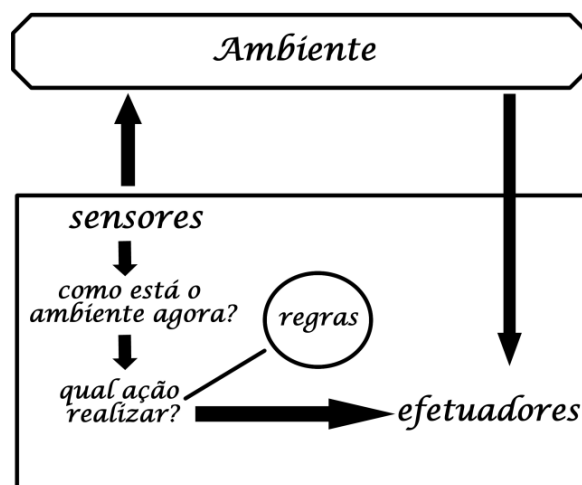


Figura 5: Exemplo de um Agente Reativo Simples
Fonte: O Autor.

A estrutura do agente tem relação de como é realizada a sua implementação física. Tratando de um caso simples e comum, consiste em um hardware que é munido de sensores e atuadores que consiste num programa de controle, que tem a função de atender os sinais que os sensores enviam e dá ordem baseado nas regras, aos atuadores, que eles possam executar. (Artero, 2009).

Ainda tratando-se de arquitetura de um agente simples, ele tem a valência na qual do ponto de vista estrutural ser denominado agente tabela, conforme a figura que segue.

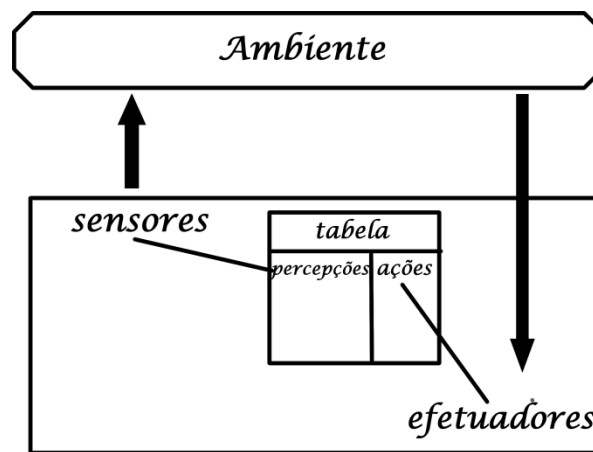


Figura 6: Exemplo de Agente Tabela

Fonte: O Autor.

No modelo agente tabela, todas as leituras e percepções possíveis, além das ações têm relação em uma tabela alinhada. É imperioso contudo implementar sob o ponto de vista prático a ação em si de um agente.

Agentes Reativos, programar a função ação

Uma questão prática que se coloca é como definir a tarefa que se pretende que ele efetue. Então a representação de uma função ou ação do agente, é vista sob três prismas: os sistemas de produção,

unidades lineares de limiar e arquitetura de subordinação. (COSTA & SIMÕES, 2015).

Na questão de simplicidade para programar uma função é o sistema de produção, constituído basicamente por:

SE <condição> **ENTÃO** <agir>

Em que se verificam quais são as condições e então realiza a ação consequente, como:

SE posição X ocupada **ENTÃO** vai para Y; ou

SE caminho direito obstruído **ENTÃO** vai para o esquerdo.

Os agentes podem ser multivariados, no tangente ao seu comportamento, e tem uma relação íntima com as propriedades de cada um. Citam-se algumas das mais relevantes propriedades para um agente: autonomia, aprendizagem, comunicação, confiança, cooperação, degradação, mobilidade, personalidade, persistência e inteligência.

Os Sistemas Multiagentes

É necessariamente comum utilizarmos habilidades de diferentes agentes para objetivar a resolução de problemas. Os sistemas multiagentes têm a capacidade de apresentar maior rapidez em resolver problemas, motivado pelo fato de ser possível utilizá-lo, pelo fato do paralelismo que pode ser obtido. Sistemas multiagentes têm uma maior flexibilidade no âmbito do sistema, dado que podem ser utilizados na forma combinatória, tendo as suas habilidades somadas no intuito de resolver os problemas que se apresentam. Levando-se em conta também o fato de que com a leitura e armazenamento dos dados dos resultados, sendo processados, via etapas de autonomia e aprendizagem, em que

envolvem agentes capazes de avaliar e corrigir os resultados fornecidos por outros agentes de coleta de dados.

A modularidade do sistema multiagente tem dentre outras funcionalidades, o seguinte aspecto: quando o sistema não consegue resolver uma determinada tarefa, torna-se mais eficaz projetar e promover a inclusão de um novo agente ao sistema, ao invés de realizar a substituição do sistema por completo.

Em relação ao tratamento de “problemas” aos sistemas de natureza multiagentes, Artero (2009), afirma que “[...] *tratar problemas complexos com um aglomerado de problemas menores tem sido uma estratégia bastante usada na prática.*” Somado ao fato de sistemas multiagentes terem uma resolutividade de problemas muito maiores que os convencionais.

Trazendo então para o campo da experimentação prática no contexto da IA, os sistemas multiagentes podem ser categorizados, conforme detalhamento:

- **Hierárquicos:** às tomadas de decisões são controladas em níveis, onde o processo de interação entre os agentes dá-se por meio de canais de comunicação diretos, do superior para os subordinados;
- **Comunidade Científica:** é um aspecto em que no tangente a solução de problemas postos, tem uma elaboração local, as soluções então são testadas e refinadas, dado que por intermédio de comunicação com os demais agentes que tem viés de solucionadores de problemas;
- **Comunidade de Especialistas:** há um nível igual de classificação dos agentes, contudo cada agente é especialista em certa particularidade de resolução de problemas, então o

processo de interação entre os agentes, ocorre com um sistema de regramento já definido.

Sistemas Baseados em Agentes Inteligentes a sua Aplicação

Aplicam-se soluções calcadas na tecnologia de IA os agentes inteligentes que são aplicados em resolução de problemáticas computacionais ou mesmo de engenharia, na qual não se conhece um algoritmo exato. Contudo é imperioso colocar que os sistemas e aplicações de agentes inteligentes são muito frequentes na atualidade.

Listamos aqui algumas áreas da sociedade e do campo de pesquisa e negócios, em que se aplicam agentes inteligentes:

- **Aplicações web:** utilizam-se agentes inteligentes em diferentes áreas, tais como sistemas de busca, sistemas que ensinam testar de forma automática os links de páginas de web sites para identificar possíveis problemas de bugs, agentes de cotação de preços inteligentes, agentes que analisam o comportamento dos clientes em web sites de compras, sistemas de produção textual, musical e tradução, entre outros.
- **Jogos:** criação de jogos com comportamento imprevisível, onde os sistemas procedem com uma análise do comportamento dos jogadores em diversas situações, para então com base nas leituras comportamentais modificar o panorama do jogo e suas estratégias em cada partida subsequente.
- **Simulação:** algo análogo a área dos jogos, em que o sistema analisa de forma inteligente às diferenças de comportamento dos usuários do simulador, que são

percebidas pelo agente, e como resultado apresentam reações diferentes, dependendo das entradas.

- **Medicina:** os agentes auxiliam de forma direta no monitoramento de pacientes e como ferramental para o desenvolvimento de sistemas tolerantes a falhas.
- **Área Doméstica:** agentes utilizados como sistemas embarcados em equipamentos domésticos, como por exemplo, os aspiradores de pó automatizados.

Os Agentes Adaptativos

A questão da adaptabilidade dos seres vivos é um aspecto premente e intrínseco. Sendo que os seres que não se adaptam ao ambiente e suas eventuais pressões naturais correm sério risco de extinção. Ao contraponto disto, os mais aptos se reproduzem e passam a sua adaptação a prole. Sumariamente é o que apregoa a teoria assim classificada como da “evolução das espécies”, formulada pelo inglês Charles Darwin e quem é aceita atualmente pela comunidade científica internacional, corroborada pelo avanço nas pesquisas citológicas e genéticas do limiar do século XX. São princípios de adaptação e evolução das espécies de seres vivos que foram obviamente sistematizados por Darwin e que trazem no seu bojo aspectos sistemáticos personificados na teoria evolutiva moderna, também conhecida como neo-darwinista, na qual leva em conta às questões a respeito da genética.

Portanto neste íterim é preciso efetuar um importante questionamento. Porque não realizar a exploração de agentes digitais com capacidade de adaptação? Agentes estes assemelhados aos identificados na natureza e que conseqüentemente sofrem de forma

indiscriminada às ações conceituadas pela teoria neodarwiniana da evolução das espécies. Então aplicações baseadas neste tipo de agente, são conhecidas como algoritmos evolutivos. Eles personificam-se claramente como uma versão de viés computacional calcada em conteúdos baseados nos conceitos da seleção natural das espécies, bem como da genética de Gregor de Mendel.

Há à existência de uma variedade de quatro tipos de algoritmos evolucionais sendo eles:

- Algoritmos genéticos;
- Programação genética;
- Estratégias evolutivas;
- Programação evolutiva.

Neste aspecto é preciso ressaltar que os algoritmos genéticos acabaram por ganhar maior notoriedade. Eles são classificados como técnicas de otimização e foram propostos por John Holland, na qual tem direta inspiração no processo evolutivo das espécies sugerido por Charles Darwin, além de ter um significativo complemento conceitual e prático nos princípios da genética primeiramente ideados por Gregor de Mendel. Reitera-se que num primeiro momento, Holland fez a proposição dos algoritmos genéticos como um meio ferramental para fins de estudo das adaptações dos seres vivos no ecossistema natural. A *posteriori*, os algoritmos genéticos foram empregados como potenciais resolutórios de problemas.

Os algoritmos genéticos fazem uso de “populações” de soluções potencialmente candidatas para resolver um determinado problema. Então os indivíduos dessa população sofrem o processo de seleção com o objetivo de se reproduzirem consoante a sua qualidade. É imperioso notar que a etapa de reprodução no meio digital, envolve objetivamente a troca de informações entre os progenitores, havendo então a

recombinação. A prole gerada pode ser alterada de forma pontual, por meio dos efeitos da mutação.

Consoante aos algoritmos genéticos e sua aplicação, Costa & Simões (2015) dizem:

Os AG enquadram-se nestas técnicas inteligentes, diferindo essencialmente do facto de trabalharem em simultâneo várias soluções alternativas. Provaram, como veremos, ser ferramentas poderosas quando aplicados à classe de problemas referidos. Exemplos disso são problemas de escalonamento, controlo adaptativo, jogos, optimização de funções matemáticas e diversos problemas de optimização combinatória, entre outros.(Costa & Simões, 2015, p. 292).

Constitui-se como ideia pontual e significativa o aspecto de que os algoritmos genéticos ensejam imitar aquilo que a natureza faz. E por meio de um processo digital e iterativo o algoritmo “faz” evoluir uma população de soluções candidatas para sanar e dar resposta a um problema determinado. Colocado sob um prisma prático então temos o seguinte: por meio de um mecanismo de seleção, de operadores de recombinação e de mutação, os indivíduos sofrem o processo de alteração, e vão evoluindo para zonas mais promissoras e vantajosas do espaço de procura, com a finalidade de acharem a solução melhor. Vamos ver como funciona um algoritmo genético a seguir.

Algoritmo genético - funcionamento

É imperioso destacar que o funcionamento do algoritmo genético enseja espelhar no meio natural, onde há uma população inicial, que é aleatória. Dado que cada indivíduo dessa população representa uma solução em potencial para o problema dado. Há então inadvertidamente várias soluções possíveis geradas aleatoriamente, fato que tem uma população numerosa de indivíduos. Esta população inicial irá evoluir ao longo das gerações, processo este levado a cabo pelos

mecanismos de seleção e dos operadores de recombinação e mutação. Os melhores indivíduos da população que foi selecionada serão escolhidos consoante com suas qualidades, que será auferida pela função de avaliação, para *a posteriori* se reproduzirem.

No tangente a definição da população selecionada, Costa & Simões (2015) colocam da seguinte forma:

A forma como se define a nova população pode variar. Se todos os indivíduos da população anterior forem substituídos por novas soluções, o processo designa-se por geracional ou técnica de sobreposição. Se apenas um grupo de indivíduos for substituído (os piores), o processo designa-se por estado estável ou técnica de não sobreposição. Estes passos repetem-se até um dado critério de paragem (por exemplo, um número pré-definido de gerações) ser atingido. Ao longo de gerações, a população sofrerá um processo evolutivo que, em princípio, conduzirá à solução óptima. É essa solução que o algoritmo devolve. .(Costa & Simões, 2015, p. 294).

A seguir será representado o funcionamento de um algoritmo genético simples, na qual fará a representação generalista da estrutura lógica e estrutural.

Função AlgoritmoGenético (problema): solução

Passo 01: Gerar uma população inicial

Passo 02: Se não_terminar **Faz**

Passo 2.1: Avaliar a população

Passo 2.2: Selecionar os progenitores para reprodução de acordo com adaptação e método

Passo 2.3: Gerar descendência via recombinação genética da população

Passo 2.4: Aplica a mutação gerada

Passo 2.5: Substitui população antiga pela descendência gerada

Fim_por_enquanto

Passo 03: Resultado melhor indivíduo para a população final

Fim_da_função

Sobretudo é importante destacar que dentro do contexto conceitual e também prático do algoritmo genético, o operador de recombinação é deveras muito relevante. Pois obviamente permite ao algoritmo genético explorar o espaço evolutivo possível a fim de encaminhar para as regiões mais promissoras, ensejando ter uma flagrante aproximação da

melhor solução possível. Entretanto, o operador de mutação, altera sob forma totalmente aleatória o valor de um ou mais genes, na qual permite efetuar uma exploração local do espaço de procura, o que por consequente, impede a convergência prematura do algoritmo genético para os máximos locais.

No tocante aos elementos basilares do algoritmo genético há indubitavelmente uma profusão de fatores relevantes a serem destacados. Sobretudo a necessidade de que o algoritmo genético codifique corretamente as especificações e exigências impostas pelo problema a ser resolvido. Então nestes termos é preciso considerar alguns pontos importantes.

- A representação que será utilizada pelos indivíduos da população;
- O método de seleção a ser usado, para garantir os melhores indivíduos da população, onde impreterivelmente tenham uma probabilidade significativa de sobrevivência e consequentemente de reprodução;
- Os operadores a serem aplicados na obtenção de novos indivíduos;
- A função avaliativa que medirá o a questão meritória de cada indivíduo;
- Características populacionais como o tamanho e a geração da população inicial.

Definidos os pontos acima citados é imperioso delinear a respeito da representação do algoritmo genético, principalmente no que tange às soluções candidatas, na qual tem uma franca interdependência com o funcionamento dos operadores genéticos. Neste contexto Costa & Simões (2015) dizem.

A estrutura de um vector-solução em qualquer problema de procura e de optimização depende do problema subjacente. Em alguns problemas, uma solução consiste num vector de valores reais que

especificam as dimensões dos parâmetros-chave desse problema. Noutro tipo de problemas, uma solução consiste numa estratégia ou algoritmo para atingir a concretização de uma tarefa.(Costa & Simões, 2015, p. 295).

Neste ponto urde mencionar que no processo de escolha da representação mais adequada, para a problemática ou tarefa que se pretende resolver, é fator estritamente delimitador para o bom desempenho do algoritmo genético.

A representação mais tradicional e eficiente do ponto de vista da aplicabilidade do algoritmo genético na sua codificação das soluções candidatas para um problema posto é a “binária”.

A utilização da representação binária neste contexto envolve os cromossomos, onde cada um deles é constituído por uma sequência de bits em que têm tamanho fixo na ampla maioria das vezes. E o que codifica os bits, depende totalmente do problema que se irá resolver. Tradicionalmente o mecanismo de seleção já carrega na sua gênese o primaz aspecto da possibilidade dos melhores indivíduos se reproduzirem mais vezes e com sucesso, levando a população a uma evolução até atingir a convergência. Então o método de seleção deve funcionar como um alocador de potencialidades da população. Levando neste aspecto dois pontos: os operadores de recombinação e de mutação, como motores motrizes no processo em que o algoritmo genético alcance a solução para o problema.

No tocante aos métodos de seleção de um algoritmo genético, não há um consenso nos pesquisadores quando ao que melhor performa. Depende muito da situação em questão. Serão brevemente tratados alguns métodos de seleção para fins didáticos e explicativos.

Na seleção por meio de “roleta”, é uma seleção baseada na proporcionalidade do método, utilizado no trabalho genitor de John Holland. É um método que se baseia na valoração atribuída a cada indivíduo na função avaliativa e na qualidade da totalidade da população. E consoante com a qualidade de cada indivíduo, far-se-á à

atribuição de uma porção do círculo, algo assemelhado a uma roleta, a cada um dos indivíduos. Conforme a figura a seguir.

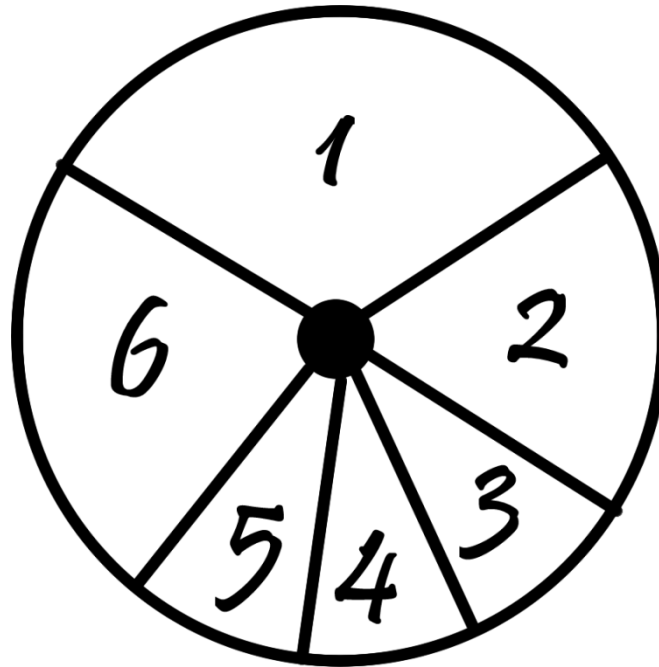


Figura 7: Exemplo de roleta
Fonte: O Autor.

Na roleta existem 06 (seis) indivíduos diferentes, então rodando a roleta é selecionado com uma maior propensão aquele cujo arco tem uma área maior, no caso o número 01 (um).

Para fins de cálculo probabilístico, cada porção da roleta é atribuída a um indivíduo, sendo então efetuado a operação calcular conforme segue:

$$Porção(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{i=1}^n f(x_i)}$$

Consiste basicamente numa equação que perfaz o tamanho da área da roleta atribuída ao indivíduo x_i irá depender da sua qualidade que é calculada por $f(x_i)$ e consequentemente da qualidade da totalidade dos indivíduos da população. A roleta poderá ser girada **n** vezes, havendo então a correspondência ao número de indivíduos da população, e parando numa área que corresponde a um dos indivíduos. E no final das **n** experiências, estarão devidamente selecionados os

progenitores que irão gerar a geração vindoura, como os de melhor qualidade para a solução do problema posto.

No método de seleção através da estocástica, os indivíduos são mapeados em segmentos adjacentes. É um método que faz a disposição de **n** ponteiros espaçados de forma igual entre eles, dado: **n = número de progenitores a selecionar**, a roleta então gira uma única vez. E os progenitores que são escolhidos, são os indivíduos marcados pelos **n** ponteiros. A distância entre os ponteiros será: **1/n** e a posição do primeiro ponteiro é definida por meio de um número aleatório que é gerado entre **0** e **1/n**.

Na seleção calcada por meio de torneio, é experimentalmente sob o ponto de vista computacional eficiente. Já no tocante ao seu funcionamento, temos: são escolhidos de forma aleatória, dois indivíduos da população. Após é gerado um número aleatório **r**, entre **0** e **1**. Então se **r < k**, seleciona-se o melhor dos dois indivíduos para fins de reprodução. Caso contrário é selecionado o pior. Os dois cromossomos serão devolvidos à população e poderão voltar a ser escolhidos, pois o processo é repetido um número de vezes igual ao tamanho da população, em que **k** é um parâmetro entre **0** e **1**.

No método de seleção feito por truncatura, os indivíduos da população são ordenados consoantes a sua função de mérito e é efetuada a seleção dos melhores para a reprodução. No entanto é importante frisar que o parâmetro fundamental para a seleção dos meritórios é a porcentagem que gira em torno de 10% a 50%, indicando os valores percentuais dos melhores indivíduos para reprodução. Este método é geralmente utilizado com sucesso para populações de grandes dimensões.

Por último iremos destacar o método de seleção elitista, que foi obra de De Jong em 1975. Ele tem utilidade como uma espécie de complemento dos demais métodos de seleção que são utilizados num

algoritmo genético. Basicamente este método objetiva que se evite a “perca” do indivíduo de melhor qualidade, efetuando a retenção destes, ou seja, preserva os melhores para gerarem a prole seguinte.

É imperioso tratar igualmente a respeito do termo “operadores de recombinação”, dentro do campo dos algoritmos genéticos. O operador de recombinação faz uso de 02 (dois) progenitores selecionados pelos métodos de seleção já mencionados e discriminados acima. Então estes indivíduos efetuam a “troca” dos seus materiais genéticos, havendo a probabilidade de variância de 05,5 a 0,8 – produzindo novos indivíduos com novas características.

A maneira como é feita a troca do material genético irá substancialmente depender do tipo de combinação utilizada. Há 03 (três) tipos de recombinação nos algoritmos genéticos: com um ponto de corte, com N ($N > 1$) pontos de corte e a uniforme.

Na recombinação com um ponto de corte, é gerado aleatoriamente o locus que irá ser o ponto de corte. Após passa-se a etapa de troca do material genético entre os genitores, levando em consideração o ponto de corte que foi selecionado.

Progenitores	Descendentes
101010111 110101	101010111 111111
001100000 111111	001100000 110101

A recombinação com N ($N > 1$) pontos de corte, tem um funcionamento assemelhado a com um ponto de corte. Onde a troca de material genético será feita levando em conta o número de pontos de corte utilizados.

Progenitores	Descendentes
1010 10111 10101	1010 00001 10101
0011 00001 11111	0011 10111 11111

Na forma de recombinação uniforme, objetiva generalizar o método N pontos de corte. É um método de recombinação que sob forma generalista, atinge melhores resultados do que as anteriores. O seu funcionamento tem por base uma máscara gerada aleatoriamente e cujo tamanho é igual ao do cromossomo. Então a paridade dos bits da máscara indicará qual dos progenitores irá fornecer o material genético que fará os descendentes. Para o primeiro filho um bit 0 da máscara indica o gene será o progenitor 1, um bit a 1 indica o gene de outro progenitor. Já para o segundo filho o processo é antagônico.

O operador de recombinação tem a função dentro dos algoritmos genéticos de promover os efeitos concernentes à “mutação”. Neste contexto, a mutação se enquadra dentro dos efeitos do operador genético.

A mutação consiste na alteração do valor de um ou mais genes de um cromossomo. O operador da mutação é usado sob um viés de probabilidade muito baixo, algo em torno de 0,001%. A mutação opera em todos os genes de um cromossomo, então há sim uma probabilidade já determinada dos referidos genes serem mudados.

Este operador tem a função de evitar que o algoritmo genético estagne. Ele faz com que este tenha a potencialidade de explorar outras regiões e possibilidades que porventura seriam mais promissoras. Em que pese que normalmente o algoritmo genético faça uso de uma probabilidade de mutação fixa ao longo das gerações, há estudos que tratam de aspectos pertinentes a mutação com taxas variáveis.

No entanto para um algoritmo genético ter um funcionamento deveras aceitável é preciso avaliar a qualidade das soluções codificadas pelo referido algoritmo. Este é o papel da função de avaliação. Esta função pode ter um aspecto de tom avaliativo dentro da própria função matemática. Tendo a seguinte descrição:

$$f(x) = x.\text{sen}(10\Pi.x) + 1.0$$

Os algoritmos genéticos operam propriamente sobre uma população de soluções candidatas para um determinado problema, sendo que assim seleciona a melhor qualidade para se reproduzir. É importante neste contexto, justamente definir o tamanho da população, pois por obviedade, populações maiores permitem que se tenha uma diversidade mais rica de soluções, entretanto consomem mais tempo de avaliação e capacidade de processamento computacional. É preciso achar o equilíbrio.

É preciso sintetizar os conceitos quando se trata de algoritmos genéticos, pois a sua implementação para fins de resolução de problemas específicos, acaba por se afastar dos ideais básicos da genética. Fazendo uso de operadores mais adequados à representação do domínio sobre a qual operam.



SISTEMAS ESPECIALISTAS



Capítulo III – Sistemas Especialistas

A IA é composta de várias áreas que performam como uma rica faceta na qual convergem para executar tarefas assemelhadas a psique¹² humana. Nesta parte da obra iremos tratar do que se denomina de sistemas especialistas (SE). Os sistemas especialistas já são usados comercialmente há bastante tempo, haja vista que sumariamente consistem em um *script* de regramentos rígidos e previsíveis assemelhado a um *checklist* de perguntas e respostas já autodirigidas na qual convergem para resolver um problema diagnosticável.

Os sistemas especialistas são na sua gênese, sistemas calcados em processamento eletrônico da informação (computacionais automatizados), que objetivam representar o conhecimento, de um ou mais especialistas humanos em áreas específicas do saber. É um processamento que se dá tendo por padrão e base o conhecimento humano específico armazenado em banco de dados. Instrumentalizando aqui de forma prática como uma busca para solução de problemas que em geral, requerem uma grande quantidade de volume de conhecimentos especializados e afins. (Artero, 2009).

No tocante a representação do conhecimento já foi delineado o tema de forma generalista no Capítulo I. Contanto que nos abstermos aqui especificar melhor para o que quer se tratar no âmbito dos sistemas especialistas.

Segundo Ockham¹³ (1999), o conhecimento tem uma faceta intuitiva, algo que tem uma íntima associação com à intuição intelectual

¹² *Constitui-se num conjunto de todos os processos e fenômenos mentais que formam a mente humana. N.A.*

¹³ *Guilherme de Ockham, também conhecido como Guilherme Ockham e Guilherme de Occam, foi um filósofo inglês do século XIV. O princípio da simplicidade é o tema central da abordagem de Ockham, a ponto de esse*

da pessoa. Neste aspecto o indivíduo tem um contato direto com a realidade vivenciada. É no conhecimento intuitivo que poderemos enfim formar juízo de valor sobre algo, ele precede inclusive da própria experiência sobre um objeto em específico que se enseja conhecer. Há, no entanto na visão de Ockham o conhecimento abstrato, é entendido como o oposto do intuitivo, pois ele apreende o objeto e se origina da sua existência.

No contexto aventado a respeito do conhecimento é preciso destacar que ele basicamente está associado ao objeto cognoscente. Conforme são as afirmações de Marin que seguem pertinentes ao conhecimento e o mesmo referenciado no âmbito da IA.

Conhecer tem uma íntima e indissociável ligação com a gradativa aproximação com o objeto a ser conhecido. Portanto, podemos auferir que o conhecimento dá-se por aproximação, e uma junção sincrônica com a análise e o processo de inferência, tangencialmente referente ao objeto. No campo da IA, o conhecimento resume-se na justaposição dos dados armazenados, dos algoritmos aplicados a estes dados e processamento dos mesmos, interpretados sob a forma de informação, para posterior discernimento (conhecimento). (Marin, 2022, p. 17).

No entanto para poder solucionar qualquer problema utilizando o ferramental da IA, é imperioso ter uma gigantesca quantidade de conhecimento estocada. Somada a quantidade de conhecimento é igualmente necessário ter mecanismos para a manipulação eficiente e prática desse conhecimento.

Na hipótese pertinaz a representação do conhecimento – consiste no aspecto de que todo o processo inteligente conta com um interpretador, em que é um agente dotado de capacidade de manipulação da representação percebida pelo observador externo. (Marin, 2022). Neste ponto há então o computador como o

princípio ter ficado conhecido como "Navalha de Ockham". Ockham usa a navalha para eliminar hipóteses desnecessárias. Em metafísica, Ockham defende o nominalismo, a visão de que essências universais, como a humanidade ou a brancura, nada mais são do que conceitos da mente. Fonte: Internet Encyclopedia of Philosophy. Disponível (online) em: <https://iep.utm.edu/ockham/>.

interlocutor/interpretador, entre o objeto ou mesmo o dado que será interpretado/manipulado e o homem (observador).

Um sistema especialista como já citamos necessita de grande estoque de conhecimento específico para poder minimamente gerir e tomar as melhores decisões a respeito de uma problemática posta. Contanto que sejam estruturados, os sistemas especialistas são imperiosamente capazes de ajudar substancialmente no tortuoso processo de tomada de decisões. E para atingir esta objetivação os sistemas especialistas devem ter algumas características que são deveras fundamentais:

- Manter o alto nível do conhecimento na área específica a que se propõe resolver, se abstendo de respostas altamente tecnicantes, devendo sim ser assemelhadas aquelas que seriam dadas por especialistas humanos na área;
- Ter no seu bojo todas as questões e aspectos relacionados ao conhecimento – indo desde o seu processo de aquisição até o de representação;
- Fornecer explicações que fazem referência aos resultados alcançados ou mesmo o processo de raciocínio que foi usado para chegar a uma possível conclusão apresentada.

Ainda a respeito do sistema especialista, Artero (2009) nos diz: *“Também é desejável que o sistema seja flexível, de modo a facilitar a atualização, visualização e compreensão do conhecimento.”*

Na questão de recursos do sistema especialista é importante mencionar que além dele fazer uso de regras heurísticas de desempenho, é preciso que o usuário possa interagir com o sistema fazendo uso da linguagem natural. O sistema especialista também deve funcionar com informação incompleta e portanto utilizar na sua concepção arquitetural

aspectos concernente a lógica nebulosa (fuzzy), a ser tratada no capítulo seguinte desta obra.

Porto sob a óptica prática, um sistema especialista é um programa computacional executável que irá fazer uma busca heurística ou convencional em um arquivo. Então o referido arquivo é por assim dizer a parte, e retrata o conhecimento convergente com o teor do que foi solicitado pelo usuário. A base do conhecimento pode indubitavelmente ser alterada, isso não muda em nada o funcionamento do programa, que adota o conhecimento da nova base de dados que traz o conhecimento sobre um assunto específico. Abaixo a figura ilustra um exemplo de arquitetura de um sistema especialista.

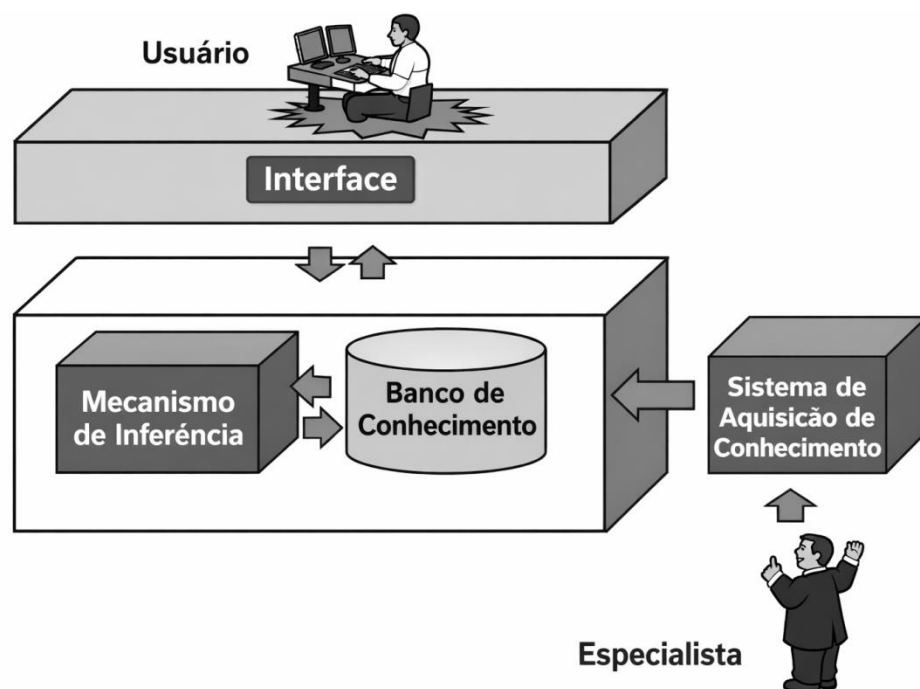


Figura 8: Arquitetura básica do sistema especialista
Fonte: Arquitetura de sistemas especialistas, Abel, 1998.

Base de conhecimento

É na base de conhecimento que fica sob o aspecto prático o “armazenamento do conhecimento”, utilizando assim modelos de representação do conhecimento como a lógica matemática, regras de

produção, as redes semânticas e árvores de decisão. Apenas para serem citadas algumas modelagens concernentes a representação do conhecimento. A respeito da formação da base de conhecimento, Bittencourt (1996) diz: *“A base de regras e memória de trabalho formam a chamada Base de Conhecimento do SE, onde está representado o conhecimento sobre o domínio.”* A respeito da memória de trabalho é útil citar que consiste na sequência de caracteres pertinaz ao modelo generalizado que poderá conter qualquer tipo de estrutura de dados. No entanto a estrutura de dados de um sistema especialista precisa estar coadunada com um método de representação do conhecimento, para fins de organização e facilitação do processo inferencial e consultivo. Tudo isso transposto numa linguagem formal de descrição matemática que retrate o seu significado.

Os sistemas especialistas, dentro do contexto da base de conhecimento, apresentam características nas quais permite haver um mecanismo de raciocínio incerto e que permite representar a incerteza pertinaz ao conhecimento do domínio. Então o assim denominado motor de inferência faz o controle de toda a atividade do sistema. E é uma atividade ciclada, em que cada ciclo possui três fases:

1. Correspondência de dados, as regras satisfazem a descrição da situação atual é relacionada;
2. Resolução dos conflitos, em que as regras que serão executadas são escolhidas, é um processo de escolha que se dá entre as regras que foram selecionadas na primeira fase, além de ser efetuado o ordenamento;
3. Execução práticas das regras selecionadas.

O bom desempenho de um sistema especialista se dá por intermédio do conhecimento armazenado em suas regras e igualmente na sua memória de trabalho. É um conhecimento que é obtido junto a um especialista, no caso, um humano. Então o representante humano do

domínio do conhecimento específico do sistema, representa-o de acordo com as regras formais, que são definidas pela codificação do programa do sistema especialista em questão. O que divide o sistema especialista em duas partes: a ferramenta de programação definidora do formato do conhecimento da memória de trabalho e das regras e os aspectos operacionais da sua utilização; e o que concerne ao conhecimento do domínio em si. (Bittencourt, 1996).

No tocante as informações que irão inadvertidamente “alimentar” a base de conhecimento, elas podem ser obtidas de distintas fontes, e obviamente não se restringe unicamente ao elemento humano especialista. Neste contexto referente aos exemplos de fontes de informações, Artero (2009) cita-as: “(...) livros, estudos de casos, relatórios, dados empíricos, processos de aprendizagem de máquina e a própria experiência de especialistas.” No entanto há uma tendência premente em se baseia no aspecto de que se incorporam módulos dentro de um sistema especialista que objetive realizar aquisição automatizada de conhecimento, fazendo uso da área de IA denominada de aprendizado de máquina.

Aquisição de conhecimento

Para transladar junto ao campo da prática e de contornos objetivos, há então a necessidade fatal de dentro do cabedal pertinaz a aquisição do conhecimento é o fato de que o sistema especialista precisa ter uma interface de aquisição.

A interface de aquisição de o sistema especialista objetiva permitir ao especialista definir e consequentemente manipular as regras. Deste modo, a interface do sistema deve impreterivelmente estar coadunada na sua concepção e projeto com a construção genitora da base de

conhecimento, permitindo inclusive que sejam feitas atualizações. No trânsito das atualizações há envolvimento às correções de regras já existentes e/ou adição de novas regras para dar um melhor tratamento de novos conhecimentos sobre o mesmo domínio. (Artero, 2009).

Já a interface do usuário do sistema especialista diz respeito às temáticas de interação do usuário final com o sistema em si. É por meio dela que o usuário faz uso do conhecimento armazenado na base de conhecimento a fim de obter às respostas para as perguntas introduzidas, além de fornecer explicações que convirjam com a linha de raciocínio que o sistema utiliza para chegar a uma conclusão. Como em qualquer interface de sistema computacional, a de um sistema especialista deve imperiosamente obedecer aos preceitos da interação homem-máquina, sendo amigável e ter um viés claramente eficiente.

No tangente ao desenvolvimento de um sistema especialista é de se citar que a sua parte mais sensível e complexa é o processo de aquisição de conhecimento. É um fator seminal para o sucesso da aplicação e não se pode limitar exclusivamente a adicionar novos conhecimentos à base de conhecimento, torna-se imperioso fazer a integração deste novo conhecimento aos elementos do conhecimento já armazenados na base. (Bittencourt, 1996).

É, no entanto necessário destacar que há um ponto relevante neste processo de aquisição de conhecimento que se refere ao tratamento das incoerências. Isto porque, depende e muito da forma como o novo conhecimento for adquirido poderá indubitavelmente ocorrer erros no processo. E são erros evidentemente decorrentes de dados obtidos via sensores que são processados de forma parcial e sem a devida integridade, além de serem gerados pela interface humana que há entre o mundo real e o sistema de representação do conhecimento. Neste aspecto urde analisar de forma periódica e programada a base de conhecimento do sistema, encetando efetuar a detecção de eventuais

incoerências que são decorrentes do processo de aquisição. Devendo realizar uma adequação do formalismo da representação ao tipo de conhecimento do mundo real que será representado.

A máquina de inferência faz parte do processo de adquirir conhecimento dentro do contexto de um sistema especialista.

A máquina de inferência é a parte do SE, responsável pelo processamento das perguntas do usuário, processamento dos fatos armazenados na base de conhecimento e pela obtenção das conclusões e explicações que serão fornecidas ao usuário. Os processos de inferência procuram gerar novos conhecimentos a partir de fatos, suposições e conhecimento já estabelecidos na base de conhecimento. (Artero, 2009, p. 98).

Então um sistema especialista em certo aspectos objetiva “imitar” o processamento humano no que tange a aquisição de novos conhecimentos, quando parte de suposições e evidências já estabelecidas para gerar enfim novos conhecimentos. E tudo o que move este processo é a inferência. Onde a máquina de inferência efetua a transformação de um estado inicial numa situação que foi diagnosticada, para um estado final, ou seja, uma situação desejada. Na qual faz uso para este processo de um conjunto de operadores do sistema especialista. Em suma o processo consiste basicamente e categoricamente em encontrar uma sequência de operadores que levam do estado inicial para o estado final.

Neste ponto, tanto na aquisição do conhecimento, quanto no tangente à concepção de um projeto de um sistema especialista. É preciso observar que a adequação do formalismo de representação ao tipo de conhecimento do mundo real, na qual é representado, é então uma parte seminal quando se pensa na eficiência do processo de aquisição de conhecimento.

Métodos de representação do conhecimento

No campo da IA, o conhecimento pragmaticamente consiste na justaposição dos dados armazenados, dos algoritmos aplicados a estes dados e processamentos dos mesmos, em que são submetidos a métodos interpretativos sob forma de informação, para posterior discernimento. Neste ponto é que em suma dá-se o conhecimento. (MARIN, 2022). Rich e Knight efetuam um paralelo relevante a respeito dos problemas solucionáveis pela IA e o conhecimento.

Para solucionar os problemas complexos encontrados na inteligência artificial, é preciso uma grande quantidade de conhecimento e também alguns mecanismos para a manipulação desse conhecimento, a fim de criar soluções para novos problemas. (Rich & Knight, 1993, p. 125).

A parte mais importante dentro do contexto de um projeto de um sistema especialista é a escolha do método de representação do conhecimento. E evidentemente no tocante a este assunto, é inexpugnável que a linguagem associada ao sistema de informação seja expressiva e permita no seu bojo que represente o conhecimento a respeito do domínio que foi escolhido de uma forma completa e com contornos eficientes. Partindo do ponto de vista da lógica, como uma representação estrutural e geral no tocante a representação do conhecimento é expressiva e tem grande poder de eficiência, também tendo uma característica polimorfa.

Lógica

A lógica é uma expressão pura do pensamento, serve como supremo ferramental para estruturar o pensamento e dar sentido às expressões da linguagem.

No concernente a ampla maioria da estruturação da representação do conhecimento, há à lógica como base sedimentadora. Seja então a representação baseada de forma explícita no sistema especialista ou na linguagem de construção do sistema, os algoritmos. Como por exemplo:

(*< atributo >, < objeto >, < valor >, < coeficiente de certeza >*)

O exemplo acima ilustra bem a questão a respeito das representações específicas de conhecimento, em que são de forma assertiva e objetiva, em que são interpretadas como preposições ou predicados lógicos.

É importante salientar que mesmo os formalismos não lógicos e que tem uma fundamentação desestruturada, podem ser facilmente interpretados e ter o seu significado formal descrito por meio de uma especificação lógica do seu comportamento. Evidente que a IA está estritamente arraigada a lógica enquanto campo do conhecimento. Pois a lógica baliza as leis estruturadas de pensamento reto, na qual deve governar as operações inferenciais da mente humana.

Redes Semânticas

A respeito das “redes semânticas”, Bittencourt (1996, p. 163) afirma: “*Rede Semântica é um nome utilizado para definir um conjunto heterogêneo de sistemas*”. Então uma rede semântica consiste basicamente em um conjunto de “nós” que são conectados por um conjunto de “arcos” ou ligações. Onde os nós de forma geral representam os objetos e os arcos são às relações binárias entre os objetos conectados. Dentro deste contexto os nós de uma rede semântica podem invariavelmente representar predicados, classes, palavras, entre outras possíveis representações, isso evidente que depende do sistema das redes semânticas. Em outras palavras, uma rede

semântica igualmente representa o conhecimento como forma estrutural e “planejada” de um sistema especialista no que tange a sua arquitetura base do modelo computacional proposto. A seguir a figura exemplifica um modelo de rede semântica.

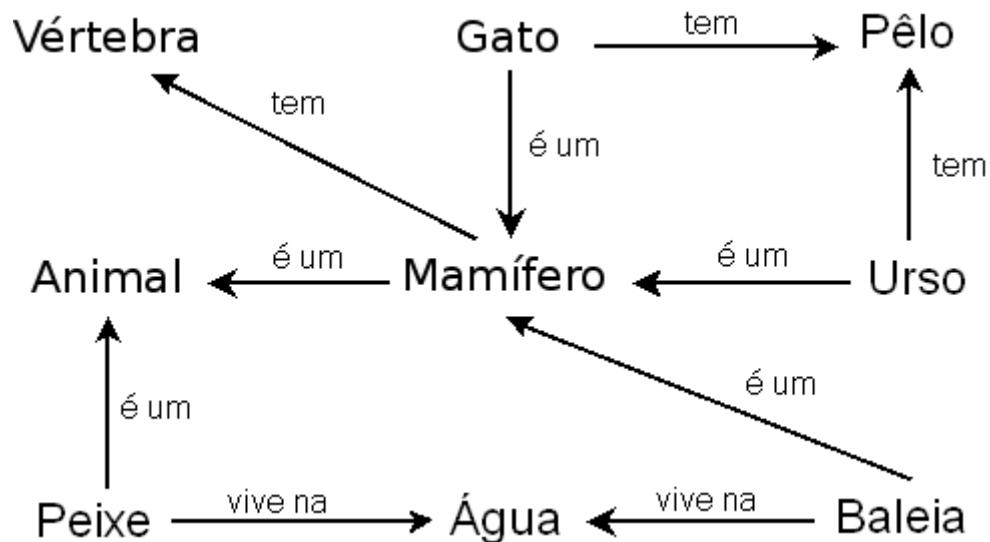


Figura 9: Exemplo de Rede Semântica

Fonte: Por Émerson Jean da Silva - Obra do próprio, Domínio público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11808544>.

O modelo computacional de rede semântica enseja no seu âmago efetuar uma relação, onde os conceitos são representados por nós, associados a arcos (ligações) entre os nós conceitos. Isto sopitavelmente elucida o seguinte aspecto: o comportamento da memória humana que age com métodos associativos de termos, sensações, proposições e impressões.

Quadros

A respeito dos “quadros”, Bittencourt (1996, p. 167) diz o seguinte: “(...) foram introduzidos para permitir a expressão das estruturas internas dos objetos, mantendo a possibilidade de representar herança e propriedades como as redes semânticas.” As ideias iniciais dos quadros foram postas por Marvin Minsky no seu artigo intitulado de: “Framework to

Represent Knowledge". Sumariamente o que Minsky propôs neste artigo foram métodos de análise de cenas, modelagem da percepção visual e a compreensão da linguagem natural.

Colocado aqui de forma generalista, haja vista que não se constitui por objetivo uma abordagem mais aprofundada, um quadro consiste num conjunto de "atributos", que na qual os seus valores, objetivam descrever as características de um objeto que é representado no referido quadro. Então nesta linha de raciocínio, os valores que são atribuídos aos atributos do quadro, podem ser *a priori* outros quadros, constituindo assim uma rede de quadros interdependentes. Há uma organização hierárquica dos quadros dentro de uma endentação, criando assim outra dimensão de dependência entre os quadros.

Da mesma maneira que expressam as redes semânticas, os sistemas baseados no método de quadros, não possuem um conjunto homogêneo. Porém há algumas ideias que ambos compartilham como: a herança de propriedades afins.

Sistemas híbridos

Os problemas correlatos a eficiência dos métodos gerais no quesito da representação do conhecimento, na qual são fundamentados em formalismos lógicos. Somado a isto, ocorre à dificuldade em representar certos tipos de conhecimento do tipo - disjunções, fatos negativos, asserções quantificadas existencialmente e aspectos atrelados a emoções e sentimentos; em que se utilizam quadros e redes semânticas, levaram a ideação de haver uma representação múltipla ou híbrida.

Um sistema híbrido atrelado à representação do conhecimento tange a uma implementação de um formalismo híbrido concernente a representação do conhecimento, em que consiste em dois ou mais

subformalismos diferentes. Então estes subformalismos são integrados através de dois pontos:

- uma teoria da representação, na qual detalha que o conhecimento deve ser representado por qual formalismo;
- uma semântica geral para o formalismo na sua totalidade, em que detalha sob uma forma semanticamente válida a relação que se dá entre expressões de diferentes subformalismos.

Posto de forma geral os sistemas híbridos consistem basicamente em ao menos dois formalismos diferentes, que indubitavelmente são usados a fim de representar os seguintes tipos de conhecimento: terminológico e assertional. O conhecimento terminológico consiste em conceitos e relações que definem a terminologia do domínio. Já o conhecimento assertional, é algum tipo de formalismo lógico que melhor se adéqua na representação de asserções gerais.

Partes de um sistema especialista

Na construção de um sistema especialista, de forma aqui posta como geral e explicativa, temos as seguintes partes que necessariamente o compõe:

- 1) interface com o usuário;
- 2) interface de desenvolvimento;
- 3) interface com o sistema operacional;
- 4) motor de inferência;
 - a. modo de raciocínio;
 - b. estratégia de busca;
 - c. resolução de conflito;
 - d. representação da incerteza;

5) representação do conhecimento.

No tocante a um modelo de aplicação de um sistema especialista é possível partir de uma base de conhecimento que será apresentada a seguir (Artero, 2009), na qual consiste em um conjunto de 17 regras pertinentes a animais, tendo uma exemplificação simples.

R₁ Se tem pelo então mamífero

R₂ Se dá leite então mamífero

R₃ Se tem penas então ave

R₄ Se voa e ovíparo então ave

R₅ Se come carne então canívoro

R₆ Se tem dentes pontiagudos, garras e olhos à frente então carnívoro

R₇ Se mamífero, tem cascos então ungulado

R₈ Se mamífero e rumina então ungulado

R₉ Se mamífero, tem manchas negras, cor fulva e é carnívoro então puma

R₁₀ Se mamífero, tem listras negras, cor fulva e é carnívoro então tigre

R₁₁ Se ungulado, tem pescoço comprido, pernas compridas, manchas negras então girafa

R₁₂ Se é ungulado e tem listras negras então zebra

R₁₃ Se ave, não voa, preto e branco e tem pescoço comprido então avestruz

R₁₄ Se ave, não voa, nada e é preto e branco então pingüim

R₁₅ Se ave e voa então albatroz

R₁₆ Se mamífero e voa então morcego

R₁₇ Se mamífero e não tem pelos então baleia

Neste contexto apresentado no modelo acima, apresenta-se como desafio construir um programa capaz de manipular as regras expostas. Em que se utilizará basicamente um sistema reverso para identificar os animais, tendo como ponto de partida às premissas que devem ser informadas pelo usuário.

No próximo capítulo iremos tratar de outro aspecto basilar da IA, que é a Lógica nebulosa ou Fuzzy.



LÓGICA NEBULOSA

IV

Capítulo IV– Lógica Nebulosa

A lógica por si só já se personifica como uma estruturação racionalmente válida quando o assunto é materializar o raciocínio humano. A lógica é um caminho que o processo de pensamento inferencial humano deve necessariamente percorrer para atingir o zênite final dentro de um processo inferencial.

A IA é um campo vasto e abrangente, que envolve saberes matemáticos, estatísticos, lógicos, psicológicos e filosóficos, apenas para atermo-nos aos principais. Constitui-se em uma das suas áreas fundamentais a Lógica Nebulosa, também conhecida como Lógica Fuzzy.

Inteligência compreende aspectos pertinentes à capacidade de raciocinar, de adquirir e aplicar conhecimentos, capacidade de perceber e manipular objetos no mundo físico. Entretanto o citado não é tudo o que podemos dizer sobre inteligência, é apenas um termo raso e pouco definidor. E uma definição absoluta do termo parece-nos impossível e de extrema complexidade. Inteligência, portanto mistura vários talentos, capacidades e competências, convergentes à representação e processamento da informação. Em concordância com estas colocações, e considerando a gama de abrangência dos termos que perpassam o campo da inteligência. Russel & Norving afirmam (2013, p. 03). *“Atualmente, a IA abrange uma enorme variedade de subcampos, do geral (aprendizagem e percepção) até tarefas específicas (...) A IA é relevante para qualquer tarefa intelectual; é verdadeiramente um campo universal”*. Entretanto é relevante e perspicaz definirmos objetivamente a e de certa forma simplista o termo, nas palavras de Costa & Simões (2015, p. 03). *“(...) Inteligência Artificial como uma disciplina que tem por objetivo o estudo e construção de entidades artificiais com capacidades cognitivas semelhantes às dos seres humanos”*.

E para poder concretizar minimamente às valências apregoadas pela IA nas suas propostas conceituais e expectativas impostas, é preciso ter um ponto pragmático de partida. E este ponto de partida é a lógica, como base conceitual sólida. A lógica cinge aspectos concernentes a estrutura formal do ato cognoscente com o pragmatismo de uma linguagem específica que baseada em uma simbologia já pré-estabelecida.

A formalização do pensamento humano, esquematizada por meio de regras foi motivo de intensa labuta e desencadeou um movimento intelectual sem precedentes no horizonte do desenvolvimento da civilização moderna. Era necessário colocar sob forma de “regras” pré-definidas as sentenças, inicialmente verbais para poder enfim auferir validade ou não das mesmas. Nasce, portanto a base para todas as ciências, “a lógica”. A respeito do Logos na visão do filósofo grego Heráclito, Heidegger (1973, p. 117) coloca. “(...) o Logos de Heráclito foi interpretado de várias maneiras: como ratio, como verbum, como lei do mundo, como o elemento “lógico” e a lei do pensamento, como o sentido da razão.” A interpretação do Logos neste aspecto assume várias formas. E ao mesmo tempo em que o Logos heracliano é “muito”, ele ao mesmo tempo é único e “célula máter”. Entretanto, o que clarifica é que a lógica sempre esteve intimamente atrelada às questões do pensamento e a razão, desde o seu advento.

Generalizações e incertezas

De forma generalista é pertinaz colocar que aplicações calcadas em Lógica Nebulosa (Fuzzy), representam o conhecimento em alto nível, haja vista que os sistemas baseado nesta lógica tem às valências de tratar problemas complexos e não lineares com o mínimo de regramentos dispostos.

Pensar em proposições que dão suporte a uma conclusão argumentativa é pensar logicamente. Constitui-se em uma relevante

ferramenta no auxílio para a automação do raciocínio. Isto funciona muito bem e de forma satisfatória quando se tratam de problemáticas estruturadas de forma pragmática e com um objeto “quantificável”. Contudo quando os problemas são de natureza complexa, a resolução apresenta-se com um verdadeiro desafio, quando se utilizam padrões logicistas formais e que são baseados em lógica clássica, em que podem apenas admitirem valores mutuamente excludentes, como “sim” e “não” ou “1” e “0”, apenas para exemplificar. Portanto é neste contexto que entra em cena a Lógica Nebulosa.

(...) a lógica nebulosa, ou lógica fuzzy (Fuzzy Logic), introduzida por Zadeh em 1965, propõe, que no lugar de únicos valores, sejam usados vários na faixa de zero até um, representando uma variação entre a completa falsidade e a verdade absoluta. Um exemplo comum, usando mais de dois estados, pode ser a análise de temperatura de um líquido, na qual, além dos conceitos quente e frio, as pessoas também admitem o estado morno. De fato, as pessoas estão bastante acostumadas a trabalhar valores de indecisão, como é o caso de análises probabilísticas (...) (Artero, 2009, p. 107).

É ponto verdadeiro que no mundo real, em aplicações computacionais que requeiram respostas minimamente inteligentes para situações até classificadas como corriqueiras, é preciso aplicar inferencialmente aspectos concernentes com a Lógica Nebulosa, abrindo mão da visão pragmática clássica dos padrões artificiais da lógica clássica. E justamente baseado nos aspectos em que envolvem a premente necessidade de tratar problemáticas de natureza “imprecisa” e difícil de quantificar a identificação de estados mutuamente excludentes.

Então em se tratando de Lógica Nebulosa, ela enseja no seu cerne tratar de um conhecimento imperfeito e trazê-lo para um âmbito computacional, assim como o próprio linguajar das pessoas denotam-se expressões claramente “nebulosas”. São as palavras de Costa & Simões (2015, p. 367). “A linguagem natural está cheia de palavras e expressões como “talvez”, “às vezes”, “geralmente”, normalmente associadas a proposições ou acontecimentos, e que traduzem o nosso grau de crença de

verdade.” Dentro desta contextualização e para fins elucidativos práticos são exemplos concretos:

- ***Talvez chova amanhã;***
- ***Geralmente os cães latem.***

As probabilidades formalizam a incerteza no âmbito da linguística. É, portanto flagrantemente associado a um sistema de pensamento pautado pela incerteza e nebulosidade quanto à assertiva.

É premente destacar que no tangente a representação da nebulosidade (incerteza) há indubitavelmente incluída a informação e uma sua faceta qualificada como “incerteza”. É preciso, no entanto destacar que o termo “incerteza” é deveras restritivo. Isto, pois, o que normalmente convencionamos com incerteza poderá inadvertidamente estar referenciando outras incongruências afins da informação, tais como: conflito, ignorância, etc.

Tiramos como exemplo fictício então uma cena casual, em que se deseja saber se porventura irá chover “amanhã”; então algumas respostas possíveis são:

- 1) Informação precisa: dados metereológicos, experiência e sabedoria incomum indicam com total certeza que amanhã choverá.
- 2) Informação imprecisa: ouvi dizer de terceiros que amanhã choverá, mas não precisou qual “amanhã”.
- 3) Informação incerta: eu acho que amanhã choverá.
- 4) Informação vaga: provavelmente amanhã choverá.
- 5) Informação probabilista: previsão do tempo indica que provavelmente amanhã choverá.
- 6) Informação inconsistente: meu amigo falou que amanhã choverá, contudo a previsão do tempo indica o oposto.

7) Informação incompleta: eu não sei se choverá amanhã, mas usualmente quando às nuvens estão se movimentando no firmamento normalmente chove.

8) Ignorância total: não faço à menor ideia se choverá amanhã.

É importante destacar que, as informações que obtemos no nosso dia-a-dia podem variar de precisas, passando por incertas, vagas, até chegar a total ignorância sobre uma possibilidade de ocorrência de um evento. Notadamente o que mais chama atenção é que mesmo nós quando lidamos rotineiramente com esse tipo de informação, totalmente fragmentada e sem um nexos lógico muitas vezes, conseguimos tomar decisões razoáveis de previsibilidade. E é justamente a respeito desta temática que trata a “lógica nebulosa” ou Fuzzy. Na qual se materializa num conceito, ou melhor, dizendo, num modelo adequado para acomodar e representar a informação que obtivemos de forma “incerta”, “fragmentada”, “probabilística” e “vaga”, apenas para citarmos algumas qualidades adjetivadas aqui.

Modelo nebuloso

Segundo são palavras de Bittencourt (1996, p. 184). “A Teoria dos Conjuntos Nebulosos é o modelo mais tradicional para o tratamento da informação imprecisa e vaga.”

Em se tratando de uma análise mais acurada a respeito da Teoria dos Conjuntos, no âmbito da Inteligência Artificial e aplicada na Lógica Nebulosa, temos apenas duas possibilidades em que um dado elemento pertença ao conjunto, ou não.

A teoria dos conjuntos tem a sua aplicação direta na matemática, prioritariamente nas áreas de estudos de funções, problemas envolvendo à lógica e o cálculo de probabilidades. Então o conceito de conjunto no âmbito da matemática, é já primário e tem um sentido de coleção ou da

totalidade dos elementos. Podemos citar como um exemplo um conjunto obrigatório de disciplinas de um curso universitário, em que cada disciplina constitui-se num elemento desse conjunto. Em que há a representação matemática dos conjuntos, com a utilização de letras maiúsculas do alfabeto: A, B, C, D,...., já às letras minúsculas do alfabeto, representam os elementos do conjunto, como: a, b, c, d,.... Há, contudo uma relação de pertinência do elemento ao conjunto posto em linguagem explicativa como: “a pertence a A”. Na simbologia matemática é expresso da seguinte forma: $a \in A$. Contudo no caso do elemento b, não pertencer ao conjunto A, é representado matematicamente: $b \notin A$.

E o que se denomina de relação de pertinência. É um modelo em que se o elemento pertencer ao conjunto ele é verdadeiro, se o elemento não pertencer é classificado como falso.

$$\mu_A(x): U \rightarrow \{0,1\}$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

Pertinente ao que tange na Teoria Clássica dos Conjuntos elucidada Artero (2009, p. 108). “Assim $\mu_A(x)$ significa o grau de pertinência do valor x no conjunto A.”

Conceito de fuzzificação

Como o próprio cerne da Lógica Nebulosa a coloca em um aspecto de certezas relativas e probabilidades específicas, quando nas suas relações de pertinência os graus de confiança de um elemento pertencer a um dado conjunto serem aproximativas, na faixa de 0% até 100%, ou 0 e 1. Personifica-se como necessário que os valores absolutos processados em um sistema sejam convertidos em valores fuzzificados, melhor colocando “valores nebulosos”. Onde corrobora para este fato às

próprias palavras de Artero (2009, p. 108). “(...) processo de transformar um valor real na sua representação Fuzzy, com o objetivo de expressá-lo como uma medida de imprecisão, chama-se fuzzificação.”

Então, quando há um elemento de valor exato, como a população de uma cidade, na qual tem a seguinte proposição: cidade com população superior a 500 mil pessoas residentes são consideradas “grandes”, em que a certeza é de 100% de pertencimento ao conjunto denominado de “cidades grandes”. Além de cidade com população residente inferior a 50 mil habitantes, não podem ser do conjunto de “grandes cidades”.

$$\mu_{cidadesgrandes}(c) = \{0 \text{ se } c < 50.000$$

$$\mu_{cidadesgrandes}(c) = \begin{cases} \frac{c - 50.000}{500.000 - 50.000} & \text{se } 50.000 \leq c \leq 500.000 \end{cases}$$

$$\mu_{cidadesgrandes}(c) = \{1 \text{ se } c > 500.000$$

Admite-se que cidades que estão enquadradas em populações intermediárias terão inadvertidamente um grau de pertinência variada, na qual se relaciona com os dois valores atribuídos nos elementos c do conjunto. Usando a equação é possível realizar o processo de fuzzificação o valor de $cidadesgrandes = 100.000$ habitantes, o que tem como resultado dado $\mu_{cidadesgrandes}(100.000) = 0.2$. Obtendo-se como resposta que uma cidade de porte de 100.000 residentes pertence 0,2, ou seja, 20% da equivalência de uma cidade considerada grande. Matematicamente coadunada com a teoria dos conjuntos nebulosos, podem-se dispor baseados nas formulações equacionais acima expostas, o seguinte resultados elucidativo: 0 = 0% e 1 = 20%.

Traz à luz a respeito às colocações de Bittencourt (1996, p. 182). “Na teoria dos conjuntos nebulosos, a negação $n: [0,1] \rightarrow [0,1]$ é

implementada por uma família de operadores, sendo que o mais comumente utilizado é dado por $n(x) = 1 - x$."

Dado o fato que a Lógica Nebulosa opera de forma alinhada com os preceitos probabilísticos. Coadunado com as próprias palavras de Bittencourt (1996, p. 184). "*A Teoria de Probabilidades é o modelo mais tradicional para o tratamento de informação incerta.*" Então neste modelo exemplificativo tem-se, um evento $B \subseteq D$, em que $\subseteq$ é classificado como uma inclusão não estrita. E no caso da probabilidade de ocorrer B é descrita da seguinte forma:

$$P: 2^D \rightarrow [0, 1].$$

E uma dessas partes importantes da Inteligência Artificial é conhecida como Lógica Nebulosa ou Lógica Fuzzy, em que consiste basicamente na formulação calcada na teoria dos conjuntos matemáticos difusos, os fuzzy sets. Esta teoria foi proposta no ano de 1965, pelo matemático Lofti A. Zadeh e inicialmente tencionava dar um tratamento matemático para os termos linguísticos. É, contudo sabido que em se tratando de linguagem não se podem aplicar os formalismos mutuamente excludentes da lógica clássica.

Então a Lógica Nebulosa intenta tratar da representação de informações de se apresentam com imprecisão, vagas e "nebulosas", daí tira-se o próprio nome dela. A Lógica Nebulosa tem a potencialidade, teórico e prática de lidar com ambientes computacionais de informação que são imperfeitos, buscando resoluções de tarefas e problemas que são objetivamente inerentes a este ambiente.

Quando temos informações de contornos imprecisos ou vagos, há indubitavelmente uma latente dificuldade na sua interpretação, uma vez que os dados de entrada não são claros, são sim "nebulosos". Temos por exemplo um atendimento de urgência de um médico socorrista que atende a vítima de um acidente de trânsito, com várias escoriações. A vítima não saberá com certeza e clareza por motivos óbvios relatar ao

médico o panorama exato situacional, o mesmo deverá atuar sem um apoio preciso de informações.



REDES NEURAIS



Capítulo V – Redes Neurais

Quando falamos de “redes neurais”, a primeira ideia que vem subitamente de forma automatizada na mente é a de uma imitação quase que idêntica ao cérebro humano e às ligações sinápticas entre os neurônios. Assumindo assim uma metáfora e analogia a sistemas baseados em IA que ensinam “imitar” o funcionamento do cérebro quase que *ipsis litteris*. E de todo não é errado pensar desta forma, pois a IA nasceu com um objetivo de ensinar atingir o grau de refinamento, capacidade abstrativa e decisória assemelhado à humana.

Há então neste contexto concernente às redes neurais duas metáforas a serem pautadas: a computacional e a connexionista.

Na metáfora computacional, parte-se do princípio de olhar para a inteligência como computação, onde os computadores e mente humana são instâncias de uma mesma família, os Sistemas Físicos Simbólicos (SFS), esta abordagem deve-se a Allen Newell e Herbert Simon. Na base dos SFS estão as estruturas simbólicas, personificadas como a representação do conhecimento. Os SFS são dotados de capacidade de processar as referidas representações e produzir cabalmente, novas estruturas simbólicas. Portanto na metáfora computacional a inteligência é o produto de um processo inferido nas estruturas simbólicas (inteligência = processos + estruturas simbólicas). (Costa & Simões, 2015).

Já na metáfora connexionista trata-se dos aspectos que concernem prioritariamente a unidades de processamento funcionado em rede para a solução de um problema ou aprendizado. O connexionismo é a interação e a capacidade de processamento e aprendizado, que toma por base a densa e intrincada rede de neurônios, formadora do nosso cérebro.

A ideia central do conexionismo é a de que a cognição pode ser modelada como sendo a (o resultado da) interação simultânea de muitas unidades, semelhantes a neurônios, densamente interligados. (Lloyd, 1989).

A respeito do neurônio artificial há às ponderações de Simões & Costa abaixo.

A primeira versão de um neurónio artificial foi proposta por McCulloch e por Pitts em 1943. Na sua versão, existe um conjunto de entradas (que simulam dentries) que têm associados pesos (que simulam a intensidade e o carácter de excitação ou de inibição). É calculada a soma pesada das entradas que, se ultrapassar um valor limiar de referência, faz com que o neurónio dispare produzindo um sinal à sua saída. (Costa & Simões, 2015, p. 07).

O objetivo do neurônio artificial é simular o funcionamento do natural. Sendo então às conexões sinápticas que formam a rede neuronal humana, são transpostas para uma rede associativa em que há um conjunto de entrada de dados, associadas a “pesos”, que são na verdade um resultado de intensidade, relevância, excitação ou mesmo inibição. Então diante destes dados é feito o somatório das entradas, sendo que caso o resultado passar o valor já estabelecido como referencial, fará com que o neurônio artificial se excite e dispare um sinal de saída para o seguinte da rede. A seguir temos uma imagem que esquematicamente um neurônio artificial.

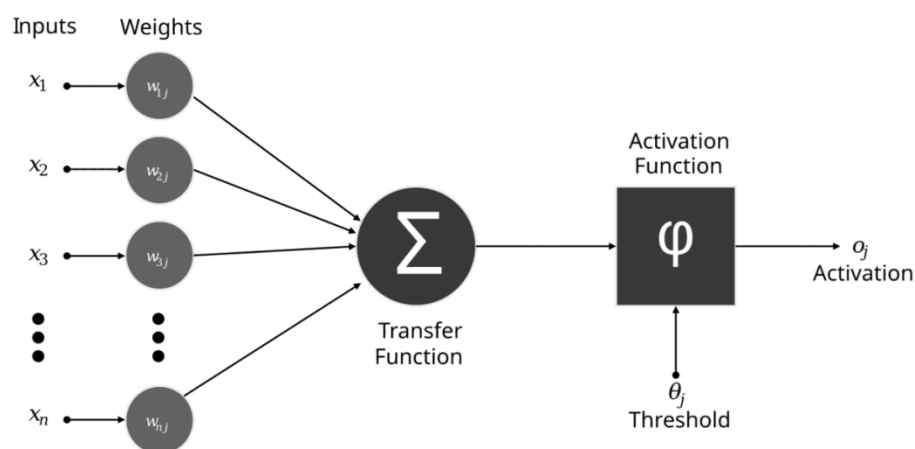


Figura 10: Representação de um neurônio artificial

Fonte: Por Funcs - Obra do próprio, CC0. Disponível em:

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=148910507>

“Os primeiros esforços na área de aprendizagem mecânica tentaram imitar a aprendizagem animal a nível neural.” (Rich & Knight, 1993, p. 556). Intuindo transladar os aspectos cognitivos e estruturais dos neurônios dos animais e o seu funcionamento em rede, os pesquisadores ansiavam “criar” máquinas “inteligentes”, entretanto, o fato não foi concretizado.

A modelagem das Redes Neurais Artificiais baseia-se na conceituação da Metáfora Conexionalista. No tangente à formação ou constituição de uma Rede Neural Artificial, temos uma conjuntura de unidades de processamento, comunicando-se entre si, e enviam as informações recebidas uma para outra, por meio de conexões. Há um componente central nesta abordagem, denominada unidade de processamento, também denominado de nós, neurônios ou células. Quando tratamos da unidade de processamento, esta consiste em um modelo matemático, que buscou inspiração e parametrização no neurônio biológico.

As Redes Neurais, são sistemas que permeiam pela robustez, a sua utilização se dá em diversos meios, sendo eles; reconhecimento de padrões, controle de processos até o controle de robôs. (Costa & Simões 2015).

As redes neurais não são um modelo de aplicação recente, elas rememoram aos idos da Segunda Guerra Mundial.

Desde 1943, têm sido desenvolvidos modelos muito mais detalhados e realistas, tanto de neurônios como de sistemas maiores no cérebro, levando ao campo moderno da neurociência computacional. Por outro lado, os pesquisadores de IA e os estatísticos tornaram-se interessados nas propriedades mais abstratas das redes neurais, tais como sua capacidade de realizar computação distribuída, de tolerar entradas ruidosas e aprender. (Russell & Norvig, 2013, p. 635).

As Redes Neurais Artificiais foram desenvolvidas, conforme o já exposto aqui em meados de 1943, pelo neurofisiologista McCulloch e o matemático Pitts. No atual horizonte em que se encontra o desenvolvimento da IA, é sumariamente relevante atentar para a

capacidade de abstração e aprendizado, da sua co-relação com o funcionamento da rede neural humana, mais precisamente do processamento paralelo que o nosso cérebro é dotado e que poderá ser transladado para a área artificial.

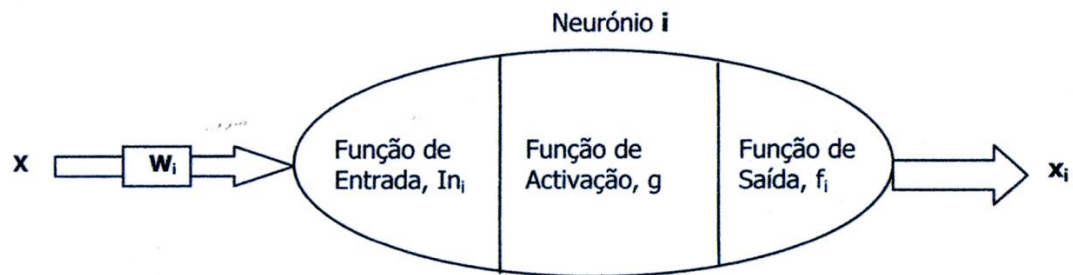


Figura 11: Exemplo de modelagem de um neurônio artificial

Fonte: Costa & Simões, 2015.

O $X = \langle x_0, x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$, faz referência à representação do vetor de entrada advindo da saída de outros neurônios. O $W_i = \langle w_{i0}, w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in} \rangle$, é o tradutor do elo de ligação entre as entradas e o neurônio i . Em seguida os sinais são pesados da entrada são combinados totalizando o sinal de entrada geral. Combinam-se os sinais de entrada pelas suas somas pesadas. Quando conhecido o sinal de entrada, é então determinado o nível de ativação dos neurônios, que a partir deste é calculada a saída x_i . (Costa & Simões 2015).

A estruturação das Redes Neurais Artificiais parte dos “nós”, conforme esplanaremos, de uma forma mais incisiva na seção seguinte.

Estrutura da rede neural

As Redes Neurais são formadas por nós ou unidades ligadas, que atuam comportamentalmente em rede unificada, onde cada célula recebe informação para processar e propagá-la. Conforme Rusell & Norving colocam tecnicamente nas palavras abaixo.

Uma ligação da unidade i para a unidade j serve para propagar a **ativação** a_i de i para j . Cada ligação também tem um **peso** numérico $w_{i,j}$ associado a ele, que determina a força e o sinal de conexão. Assim como em modelos de regressão linear, cada unidade tem uma entrada fictícia $a_0=1$ com peso associado $w_{0,j}$. Cada unidade j primeiro calcula uma soma ponderada de suas entradas: (Russell & Norvig, 2013, p. 635).

Então as arquiteturas das redes neurais foram denominadas “arquiteturas conexionistas”. Devendo esta nomenclatura ao aspecto de que tem como fundamentais características o processamento da informação, assemelhando-se a um neurônio humano, em que exibe grande quantidade de conexões entre nós. Fato que os pesos das conexões codificam o conhecimento de uma rede. Efetua-se então o controle distribuído e em funcionamento paralelo, objetivando assim que aprendizagem ocorra de forma automatizada. A rede neural trabalha com várias conexões que funcionam de forma integrada e distribuída, atuando de forma paralela no quesito processamento das informações para garimpar o conhecimento e automatizar a aprendizagem. As redes neurais são compostas por nós ou unidades conectadas por ligações direcionadas. A seguir a equação que define o cálculo funcional de um neurônio artificial.

$$in_j = \sum_{i=0}^n w_{i,j} a_i.$$

“Em seguida, aplica uma **função de ativação** g a essa soma para obter a saída:” (Russell & Norvig, 2013, p. 635).

$$a_j = g(in_j) = g\left(\sum_{i=0}^n w_{i,j} a_i\right).$$

No congruente a estrutura das Redes Neurais Artificiais, temos o modelo denominado perceptron, conforme colocam Rich & Knight.

O perceptron, invenção de Rosenblatt (1962), foi um dos primeiros modelos de redes neurais. O perceptron modela um neurônio pegando uma soma ponderada de suas entradas e enviando o resultado 1 se a soma for maior que algum valor inicial ajustável (caso contrário, ele envia o resultado 0). (Rich & Knight, 1993, p. 566).

A rede perceptron utiliza o treinamento supervisionado. Trata-se de uma rede neural extremamente conhecida, muito embora não seja detentora de grande potencial, devido a sua estrutura peculiar simples, a sua análise é justificável tendo em vista o seu aspecto enxuto e entendível. O seu aprendizado se dá no momento de alteração dos valores dos pesos, partindo do erro δ dado na rede, obtido pela diferença do valor desejado da saída d e o valor fornecido pela rede Y : $\delta = d - Y$. A alteração dos pesos é dada pela seguinte equação: $w_{i+y} = w_i + n \cdot \delta \cdot E_i$. Onde o n é a taxa de aprendizado, que tem a função de controlar a velocidade em que os pesos são ajustados, em cada etapa do treinamento. As redes perceptrons são detentoras de uma camada de entrada, que distribui os sinais de entrada para uma segunda camada, formada por neurônios e processadores. (Artero, 2008).

É relevante elencar que a rede perceptron em si consiste basicamente em “pesos”, em um processador somatório e um processador de limite ajustável. A sua aprendizagem se dá justamente na modificação dos valores que corresponde aos pesos e ao limite de ajuste. (Rich & Knight, 1993).

A estrutura das Redes Neurais Artificiais consiste basicamente na abstração do neurônio artificial idealizado por McCulloch e Pitts, nos anos 1940. Deste aspecto decorre praticamente toda a sua implementação. Somado aos padrões dispostos na rede neural animal (humana), onde cada neurônio é interligado com os demais, formando um verdadeiro tecido neuronal, em que se dá a comunicação via processo sináptico, processando toda a informação de entrada, contrabalançando com a experiência acumulada e gerando uma saída, o conhecimento. Sumariamente podemos inferir que as redes artificiais, diferem em vários aspectos das “naturais”, entretanto o seu funcionamento e conceituação tem íntima relação, pois ambas compartilham de ligações entre as suas unidades de processamento (nós e/ou células), e grotescamente

“seguem” o mesmo processo de “aprendizagem”. A seguir um exemplo ilustrativo de uma rede neural simples, com as camadas de entrada, intermediária e saída.

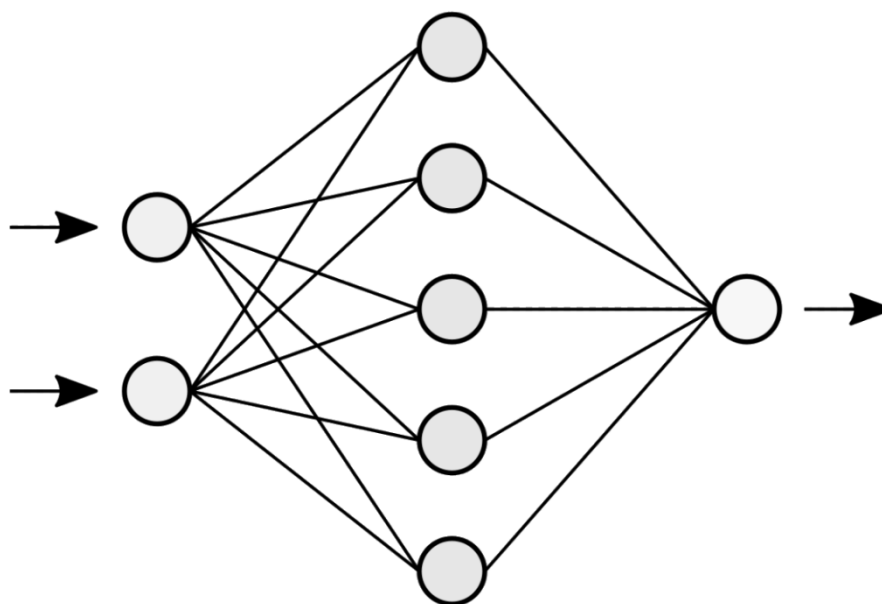


Figura 12: Modelo de rede neural

Fonte: Por Dake, Mysid - Vectorized by Mysid in CorelDraw on an image by Dake., CC BY 1.0. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1412126>

Aprendizado em rede neural

No conceito aqui exposto pertinz a redes neurais, há então o termo aprendizado visto sob o ponto de vista da autoadaptação ao nível elementar de processamento de dados. Então a capacidade autoadptativa da rede neural constitui sumariamente o âmago do processo de aprendizado. Os nós da rede sofrem o processo de adaptação e balanceamento de acordo com a carga que recebem. (Marin, 2022).

O processo de treinamento e de aprendizagem há então uma adaptação normal do sistema. Havendo uma alteração nas conexões e consequentemente nos padrões que elas representam, ponderando

entre os elementos de processamento. O aprendizado ocorre na forma supervisionada, onde as entradas e saídas de dados são sumariamente empregadas no treinamento da rede. Fato exposto que essa conjuntura faz parte dos padrões identificados e compõe o conceito prático de aprendizado. Corporifica-se numa metodologia que é sedimentada na minimização do erro que está entre o valor desejado de saída das unidades da camada de saída e o valor computado pela rede neural. Neste ínterim é necessário e perspicaz enfatizar que com base nesta diferença estabelecida, os pesos de rede são adaptados a cada apresentação do treinamento, com o objetivo de minimizar a ocorrência de erros do resultado da saída para o total de informações que foram introduzidas no sistema. Concernente ao aprendizado supervisionado de uma rede neural se afiança o seguinte: são fornecidos os modelos de entrada de dados para num segundo momento, haver o procedimento de treinamento.

O treinamento é o meio em que o sistema computacional neural aprende. Neste enfoque o treinamento envolve a exposição do sistema ante um conjunto específico de informações, objetivando com isto encontrar um estado de exposição e de auto-organização particular e válido.

Já no tocante à aprendizagem no âmbito de uma rede neural, quando estarão na baila problemáticas de rede de múltiplas saídas (multicamadas), deve ser procedida uma analítica sob um viés de função vetorial de implementação "Hw", abrindo mão os aspectos concernentes à função escalar. E valendo então a mesma classificação para a saída ou destino, em que é um vetor "Y".

As demais considerações concernentes ao aprendizado serão detalhadas no capítulo a seguir.

VI

APRENDIZADO DE MÁQUINA

VI

Capítulo VI – Aprendizado de Máquina

Há indubitavelmente uma grande discussão que penso estar muito longe de ser solucionada. Discussão esta que gira em torno do fato dos computadores igualarem e até suplantarem o cérebro humano no quesito “inteligência”. É sem sombra de dúvidas “o assunto” da IA e tudo o que cerca a respeito desta área que performa como a vanguarda da tecnologia contemporânea. E na estira destas colocações temos aqui uma crítica muito severa a respeito da IA, onde as máquinas só podem ser consideradas “inteligentes” quando tiverem a sublime capacidade de aprender novas coisas a respeito do mundo *a priori*, e terem igualmente a capacidade de adaptação a situações novas e por vezes inesperadas. Portanto ser inteligente assume uma significância coadunada com a capacidade adaptativa ante novos ambientes e resolver problemas.

Dentro deste horizonte é importante recorrer ao que afiançou Ada Lovelace¹⁴ a respeito do processo de aprendizagem e de inteligência.

“A Máquina Analítica (Analytical Engine) não tem qualquer pretensão de originar nada. Ela pode fazer qualquer coisa desde que nós saibamos como mandá-la executar.”

Sem dúvida é uma colocação pouco otimista a respeito da capacidade de máquinas aprenderem. Contudo é imperioso colocar que não há nenhum impedimento físico ou mesmo lógico para um computador interpretar dados em informações, via gradual, intuindo melhorar de forma gradativa e inteligente o seu desempenho.

¹⁴ Ada Lovelace (1815 - 1852) foi uma matemática inglesa, associada de Charles Babbage, para cujo protótipo de computador digital ela criou um programa. Ela foi considerada a primeira programadora de computadores. Lovelace era filha do famoso poeta Lord Byron e de Annabella Milbanke Byron, que se separaram legalmente dois meses após seu nascimento. Seu pai então deixou a Grã-Bretanha para sempre, e sua filha nunca o conheceu pessoalmente. Ela recebeu educação particular de tutores e, posteriormente, autodidata, mas teve auxílio em seus estudos avançados do matemático e lógico Augustus De Morgan, o primeiro professor de matemática da Universidade de Londres. Fonte: <https://www.britannica.com/biography/Ada-Lovelace>.

É importante destacar que se torna extremamente necessário tentar descrever de forma conceitual quais os mecanismos que conduzem ao aprendizado. E além do mais, quais às atividades executadas sejam possíveis com excelência no método de aprendizado de uma tarefa. (Rich & Knight, 1993).

E no tocante ao campo abstrato da aprendizagem, envolve mudanças adaptativas de um sistema, ante um ambiente volátil. É uma adaptação na qual permite que o sistema, ser modulado, no sentido de que execute a mesma tarefa ou tarefas variadas com mais eficiência e eficácia, tomando por base o conjunto de informações colhidas e processadas na primeira tentativa.

A aprendizagem tem uma larga abrangência que abarca a ampla escala de fenômenos. Isso obviamente envolve o refinamento de habilidades do sistema inteligente. Normalmente pessoas aprimoram as suas habilidades na execução de tarefas com o treinamento repetitivo. Então é bem possível programas calcadas em IA são capazes de melhorar substancialmente seu desempenho aplicando técnicas de aprendizagem. (Rich & Knight, 1993).

O processo de aprendizagem humano é algo sumariamente complexo. Pois envolve igualmente questões que vão da seara psíquica até da repetição, ou mesmo da memorização. É igualmente difícil até conceituar com total clareza e certa objetividade o que significa aprender, *sui generis*. O fato é que o aprendizado é uma jornada única e unívoca, um encontro entre a razão, o objeto e à abstração produzida. De tais etapas ou mesmo estágios é que resulta o conhecimento na sua forma pura e absoluta. Claro que isso obviamente envolve aspectos que incluem a própria carga genética de cada pessoa, memorização, capacidade de sintetização, experiência, cultura, enfim para ater-se aos basilares aspectos que performam para que aja o conhecimento, no tangente à sua produção em si.

Aprendizagem, um passo conceitual

Conforme foi visto na seção acima, há uma pluralidade de aprendizagens, bem como é difícil conceituar o que significa aprender, dentro de um contexto válido e entendível.

Rich & Knight (1993), são taxativos na questão que concerne à aprendizagem por memorização; *“Quando um computador armazena dados, ele está executando uma forma rudimentar de aprendizagem.”* Pois ao simples fato de uma aplicação computacional já ser dotada de um banco de dados para armazenamento de dados que após o processamento converterão em informações, inadvertidamente melhora sensivelmente o desempenho da referida aplicação. Ora, isso é um dos multifacetados aspectos conceituais da aprendizagem.

Colando na esteiras das colocações que concernem ao termo aprendizagem, é preciso atentas para a objetividade que cerca uma aplicação computacional. Que no campo da memorização

Aprender é o cerne do campo de atuação da IA, e como já elencamos neste trabalho, o ato de aprender tem estreita relação com o ato de conhecer, é, pois necessário tomar ciência (conhecimento) de um fato ou objeto qualquer para que depois desta etapa possamos conjecturar novas percepções e formular indagações inéditas e construtivas que convirjam para o aprendizado. A capacidade de aprender, encontrou na espécie humana, o *homo sapiens sapiens*, (homem que sabe que sabe), o campo fértil para evoluir e ganhar contornos exuberantes e multifacetados. Entretanto não nos cabe aqui conjecturar e aprofundar-se neste aspecto magno e que alçou o homem a patamares elevados, tanto na ciência quanto na tecnologia. Simplória, porém perspicaz é a colocação de Costa & Simões, a cerca do

aprendizado. *"Aprender é a característica essencial dos seres inteligentes."* (Costa & Simões, 2015, p. 191).

A significância de aprender, quando correlacionamos este aspecto com a IA, perfaz todo o sentido. Isto porque o aprendizado é a mola propulsora, a peça fundamental para programas dotados de certas capacidades "inteligentes", portanto em definitivo podemos inferir que não há Inteligência Artificial sem aprendizado.

O conceito de aprendizado soa como vago e extremamente abstrato, trasladando estas colocações para a IA, claramente temos que estabelecer o meio termo, pois é sabido que até a Ciência desconhece em partes os meandros em que se infere o processo de aprendizagem nos humanos. Portanto é pertinente salientar e enfatizar que os sistemas computacionais baseados na aprendizagem, tenham a capacidade de refinar as suas habilidades, sendo que na próxima vez que executar uma tarefa possa executá-la com maior eficiência.

O conhecimento a priori, é um fator primordial para a aprendizagem, ele visa justificar as generalizações escolhidas quando se opta por uma ou outra hipótese possível para a resolução de um determinado problema. (Russell & Norvig, 2013).

O Aprendizado em Máquina objetiva transladar certos conceitos de aprendizado humano para modelos de aprendizagem computacional, entretanto notamos que dada a nebulosidade em definirmos com clareza e certeza o próprio termo de aprendizado, bem como entendê-lo no seu âmago; tão pouco pode-se inferir com severa certeza a cerca do aprendizado computacional.

Em termos de classificação, podemos dividir o aprendizado de máquina em supervisionado e não-supervisionado, conforme abordaremos nas seções que seguem, intuindo abarcar o corpo de conhecimento que compreende os meandros procedimentais que

perpassam o “aprendizado” computacional. Levando em conta a conjuntura de treinamentos dos dados de entrada.

Classificação do aprendizado de máquina

No referente a aprendizagem, ela pode ser melhorada tomando por base os próprios dados gerados. As melhorias e as técnicas utilizadas para construí-los, são subordinadas a quatro fatores elencados: qual o componente deve ser melhorado, que conhecimento prévio o agente já tem, tipo de representação utilizada para os dados e componente e que feedback estará disponível para o processo de aprendizagem. (Russell & Norvig, 2013).

Classifica-se o Aprendizado de Máquina em supervisionado e não-supervisionado. Sendo que o supervisionado, apresenta-se um conjunto de entradas e saídas em pares, onde as entradas consistem em os atributos relacionados aos objetos que se intui reconhecer, e as saídas fazem referência às classes desejadas. No aprendizado não supervisionado, temos então apenas as entradas informadas, e no concernente ao padrão de saída dos dados, incumbe-se esta tarefa ao sistema de aprendizado. (Artero, 2008).

Torna-se relevante classificar os aprendizados de máquina, tendo em vista a latente diferenciação que se dá entre o supervisionado e o não supervisionado; bem como a variada e multifacetada conceituação e o cabedal de explicações e distintas visões que se tem sobre como se dá e de como ocorre a “aprendizagem”.

“Na aprendizagem supervisionada, o agente observa alguns exemplos de pares de entrada e saída, aprende uma função que faz o mapeamento da entrada para a saída.” (Russell & Norvig, 2013, p. 607). Sumariando esta colocação devidamente delineada por Russell & Norvig,

temos uma concepção primitiva, resumidamente prática e racional do que concerne a Aprendizagem Supervisionada. Em breves palavras podemos inferir que a Aprendizagem Supervisionada consiste em um agente (computacional) que faz a leitura e gravação de dados de entrada e saída, e dotado de estruturas lógico/algorítmicas consegue fazer um mapeamento com a função de “aprender”, de traçar perfis e padrões das entradas e saídas.

“A tarefa de aprendizagem supervisionada é a seguinte: dado um conjunto de treinamento de N pares de exemplos de entrada e saída $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, onde cada y_i foi gerado por uma função desconhecida $y=f(x)$, descobrir uma função h que se aproxime da função verdadeira f .” (Russell & Norvig, 2013, p. 607). Nesta colocação, há a necessidade de ter o discernimento de que “ x ” e “ y ”, são incógnitas, portanto podendo portar qualquer valor. Temos a função “ h ”, que assume o papel de uma hipótese, que pode ou não vir a se concretizar. Portanto a aprendizagem consiste na busca por meio das hipóteses possíveis e prováveis norteadas pelo bom desempenho do agente, servindo como base para os “problemas” futuros e inéditos que serão “solucionados” pela experiência acumulada pelo agente.

Com relação aos dados de saída, na Aprendizagem Supervisionada, temos dois aspectos relevantes e pontuais a serem elencados; a classificação e a regressão, conforme discorrem Russell & Norvig. O problema da aprendizagem denominada de classificação, consiste em quando a saída, no caso “ y ” advém de um conjunto finito de valores (ensolarado, nublado, chuvoso), caracteriza-se como classificação booleana ou binária, em havendo apenas dois valores. No caso do “ y ”, ser um numeral (temperatura ambiente), o problema da aprendizagem diga-se regressão. (Russell & Norvig, 2013).

A aprendizagem indutiva por Árvores de Decisão constitui-se em uma simples tarefa, porém bem sucedida de Aprendizagem em Máquina. A Árvore de Decisão tem a representatividade de uma função tomada como entrada por meio de um vetor de valores e atributos, que retorna uma decisão, ou seja um valor de saída. (Russell & Norvig, 2013).

“A árvore de decisão é um dos métodos de aprendizado mais usados na prática, sendo bastante recomendada para o processamento de dados simbólicos.” (Artero, 2008, p. 216). No campo da Mineração de Dados, às árvores de decisão tem um aspecto relevante no que tange a sua aplicação, pois se levarmos em conta as bases conceituais que permeiam a sua estruturação, teremos toda o panorama estabelecido para visualizarmos o processamento de entrada, classificação e atribuição, o retorno e por final a saída de um determinado valor. Nas linhas que seguem, explanaremos de uma forma mais incisiva e exemplificaremos as questões que perpassam ao referente às Árvores de Decisão, conforme a figura que segue.

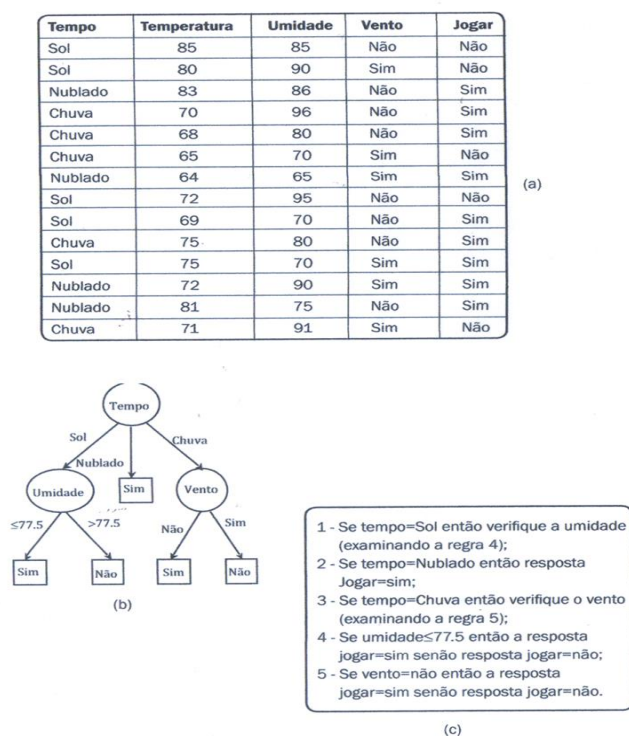


Figura 13: Árvore de decisão
Conjunto de dados (a), árvore de decisão (b) e regras de produção (c). Fonte: Artero, 2008.

Há então na figura acima concernente a exemplificação da árvore de decisão, um conjunto de dados denominado PlayTennis (a), popular na área da Mineração de Dados. Há nele atributos dispostos nas colunas, sendo que os primeiros quatro atributos (tempo, temperatura, unidade e vento), fazem referência às condições do clima, enquanto o último atributo (jogar), condiz à possibilidade de se disputar uma partida de tênis nas condições que se apresenta, a resposta é obtida por meio de duas classes; **sim e não**. À Árvore de Decisão (b), pode ser utilizada para tomar as decisões expostas e detalhadas no conjunto de dados. Com relação à regra de produção (c), está é a síntese do conhecimento armazenado na Árvore de Decisão. (Artero, 2008).

Há indubitavelmente um aspecto linear e ordenado no que tange ao aprendizado supervisionado, exemplificado nesta abordagem, pelas Árvores de Decisão, adotando um caráter conciso nos seus resultados. Sumariamente podemos inferir com total clarividência as nuances que permeiam o Aprendizado Supervisionado pelas Árvores de Decisão. Parte-se esquematicamente de um determinado conjunto de dados que se deseja submeter à análise para dele extrair padrões e "gerar conhecimento", neste determinado conjunto, temos atributos condicionantes e um atributo "final" que composto por classe definitórias do tipo "sim" e "não", nos permite tomar uma decisão. Este conjunto de dados é então submetido e/ou convertido numa Árvore de Decisão, onde dá-se o processo da tomada de decisão quanto aos valores detalhados nos atributos, em concordância com as regras que se estabeleceu. Por final nas regras de produção, discorre-se sobre todo o processamento, é nela que esquematizamos o conhecimento obtido, nos valores de saída; referenciado na Árvore de Decisão e que adveio da estrutura do conjunto de dados inicial.

Podemos concluir que às Árvores de Decisão são boas, ótimas para alguns tipos de conjuntos de dados e ruins para outros. Entretanto não há

representação que tenha profícua e excelência eficiência em contemplar todos os tipos de funções.

Considerações a respeito da construção de uma árvore de decisão

Na construção de uma Árvore de Decisão, em geral adotamos os seguintes passos: 1º, faz-se a escolha do atributo; 2º estende-se à árvore e adiciona-se um ramo para cada valor definido no atributo; 3º passar os exemplos para as folhas, considerando os atributos que foram escolhidos e 4º para cada folha, se tiver todos os exemplos da mesma classe, associá-los à classe da folha, caso contrário repete-se todos os passos novamente. (Artero, 2008).

De uma forma simplória e coloquial, Artero, exemplifica a construção de uma Árvore de Decisão, já com base em um conjunto de dados que foi previamente definido. À Árvore de Decisão expande-se “ao natural”, quando os valores das classes não coincidem com os já definidos. ◇

“Uma estratégia muito usada para definir a ordem em que os atributos são usados, propõe a construção de uma árvore de decisão de modo a diminuir a sua entropia, ou seja, a aleatoriedade da variável objeto.” (Artero, 2008, p. 218). A entropia mede-se pela seguinte equação:

$$Entropia = - \sum_i p_i \cdot \log_2 p_i$$

Sendo que p é a probabilidade da ocorrência do elemento i .

Considerando o conjunto de dados detalhado na figura 13, temos a seguinte possibilidade de acordo com o atributo de saída e em cada atributo de entrada, conforme ilustra a figura abaixo.

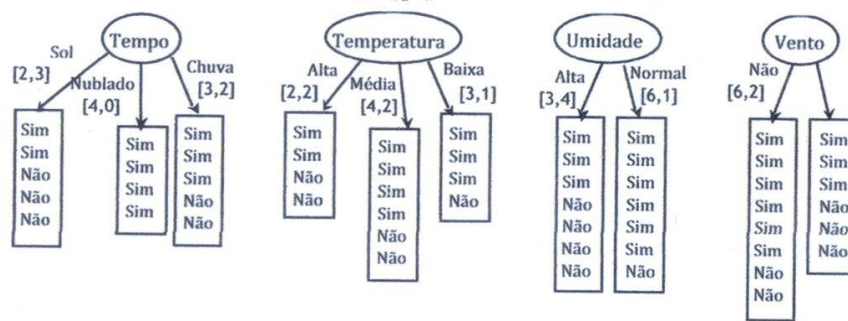


Figura 14: Valores dos atributos de saída em função dos atributos de entrada

Fonte: Artero, 2008

Temos na figura 14, às informações de cada nó “x, y”, dada e processada da seguinte forma, via cálculo da entropia:

$$[x, y] = -\frac{x}{x+y} \log_2 \frac{x}{x+y} - \frac{y}{x+y} \log_2 \frac{y}{x+y}$$

Para proceder com cálculo da entropia, inicialmente é calculada a informação proveniente da classe jogar, a seguir dada:

Informação (jogar) = informação ([9,5]), são 09 sim e 05 não, em concordância com os valores da classe na figura 03.

$$\text{Informação (jogar)} = -9/14 \log_2 9/14 - 5/14 \log_2 5/14 = 0,940.$$

A informação fica:

$$\text{Sol} - \text{informação}([2,3]) = -2/5 \log_2 2/5 - 3/5 \log_2 3/5 = 0,971.$$

$$\text{Nublado} - \text{informação}([4,0]) = 0,00.$$

$$\text{Chuva} - \text{informação}([3,2]) = 0,971.$$

Temos desta forma a informação colhida pelo atributo tempo dada a seguir:

Informação (tempo) = $5/14 \times 0,971 + 4/14 \times 0 + 5/14 \times 0,971 = 0,693$, e o ganho da informação com este atributo é dado: $\text{ganho (tempo)} = 0,940 - 0,693 = 0,247$. Efetuando o mesmo cálculo para os demais atributos temos:

$$\text{Ganho (temperatura)} = 0,029.$$

$$\text{Ganho (umidade)} = 0,152.$$

Ganhador (vento) = 0,048.

Diante do exposto acima o atributo a ser selecionado é *tempo*, por apresentar o maior ganho. Em seguida para o ramo *tempo = nublado*, não será expandido, pois as respostas pertencem todas a classe *sim*, o processo deverá ser repetido até que todos os ramos da Árvore de Decisão tenham as suas respectivas saídas em apenas uma das classes possíveis (sim ou não).

“Os algoritmos mais conhecidos para a construção de árvores de decisão, que selecionam os seus nós de acordo com a medida de ganho de informação, são o ID3 e a sua extensão C4.5 que, além da entropia também podem ser usadas outras medidas.” (Artero, 2008, p. 220).

No Aprendizado Não Supervisionado não há a necessidade de como no Aprendizado Supervisionado, de se conhecer às classes de saída de cada item do dado, nem mesmo a quantidade das classes de saída. (Artero, 2008).

Os procedimentos que contém detalhado os dados de entrada e os dados desejáveis de saída, na sua apresentação, efetuam o cálculo da diferença do que é aceitável e o real que aparece na saída. E tomando esta diferença, ajudam os pesos de forma a minimizar o erro, denomina-se treinamento supervisionado. Entretanto temos a sagaz inferência que em muitas aplicações, é impossível termos exemplificação de treinamentos deste teor (entradas e saídas), corporificados em conjunto definido de dados. E nestes casos onde não há sumariamente, um guia que nos indique e ensine à rede quais as saídas ou resultados esperados no padrão de entrada de dados, ela (rede), deve ser dotada de capacidades de competências que por via de processo de competição entre os diversos nós, mapeia as entradas disponíveis em uma saída, selecionando a “melhor”, opção para a função. Este processo é denominado, aprendizado auto-organizado ou não supervisionado.

Aprendizagem de máquina na prática

Neste breve seção, iremos explicar a respeito do Aprendizado de Máquina posto em prática, e exemplificado na obra de Russell & Norvig, conforme detalharemos um estudo de caso.

O estudo de caso em questão é o reconhecimento de dígitos escritos a mão; referente a um arquivo de um banco de dados de 60.000 dígitos rotulados, cada um com $20 \times 20 = 400$ pixels, com valor de 8 bits, com tonalidade de cor em escala cinza. Uma abordagem extremamente simples foi adotada para buscar a resolutividade do problema; foi o classificador dos três vizinhos mais próximos, pois tem uma vantagem de não necessitar de tempo de treinamento, apenas dispor de regras associativas. A implementação deu-se por um algoritmo baseado em memória, porém dado o “tamanho” da base (60.000 imagens), ficou lento e teve taxa de erro de teste de 2,4%. (Russell & Norvig, 2013).

“O casamento de formas é uma técnica de visão computacional usada para alinhar as partes correspondentes de duas imagens diferentes de objetos.” (Russell & Norvig, 2013, p. 657).

Na técnica de casamento de formas, procede-se com a escolha do conjunto de pontos em cada uma das duas imagens (dispor-se, uma imagem padrão onde os dígitos eram fáceis de serem identificados e outra imagem onde os mesmos eram difíceis de serem identificados), e em seguida efetuar o cálculo para cada ponto da primeira imagem, correspondia a qual ponto da segunda. Calcula-se a transformação entre as imagens, resultado numa medida de distância entre imagens. Fazendo uso para a medida da distância entre imagens do algoritmo 3-vizinho mais próximo. No treinamento de 20.000 dos 60.000 dígitos, fazendo uso de 100 pontos de amostragem por imagem extraída, o erro de teste perfez o total de 0,63%. (Russell & Norvig, 2013).

Russell e Norvig, também discorrem a respeito da utilização de Redes Neurais Artificiais para a solução do problema, entretanto apresentam taxa de erro superior, sendo que a melhor opção para este estudo de caso em específico é o “casamento de formas”. Indubitavelmente podemos inferir que dependendo do problema é preciso utilizar uma técnica de aprendizado de máquina específica e que atinja o melhor resultado possível. Não há uma solução fixista e mágica para todos os problemas, quando a utilização de soluções permeadas e baseadas em Aprendizado de Máquina.

Referências Bibliográficas

ARISTÓTELES. *Col. Os Pensadores*. 1ª Ed. São Paulo, SP: Ed. Nova Cultural, 1999.

ARTERO, Almir, O. *Inteligência Artificial, teoria e prática*. 1ª Ed. São Paulo, SP: Liv. da Física, 2009.

BAZARIAN, Jacob. *Intuição Heurística: uma análise científica da intuição criadora*. 2ª. Ed. São Paulo, SP: Alfa-Ômega, 1973.

BITTENCOURT, Guilherme. *Inteligência Artificial: ferramentas e teorias*. 1ª Ed. Campinas, SP: UNICAMP, 1996.

CALVIN, William, H. *Como o Cérebro Pensa: a evolução da inteligência, ontem e hoje*. 1ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: Rocco, 1998.

COSTA, Ernesto. SIMÕES, Anabela. *Inteligência Artificial, fundamentos e aplicações*. 3ª Ed. Lisboa: FCA – Ed. de Informática, 2015.

HEIDEGGER, Martin. *Coleção os pensadores: Heráclito de Éfeso*. São Paulo, SP: Abril, 1973.

Lloyd, Dan, E. (1989). *Simple Minds*. MIT Press.

MARIN, Daniel. *Inteligência Artificial, Conhecimento e Visualização de Dados: uma abordagem conceitual*. 1ª Ed. Joinville, SC: Editora OLF, 2022.

_____, Daniel. *Tecnologia da Informação: uma abordagem diferencial*. 1ª Ed. São Paulo, SP: LF Editorial, 2024.

OCKHAM. Guilherme. *Lógica dos Termos, vol III*. Trad. Fernando Pio de Almeida Fleck. 1º Ed. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 1999.

POPPER, Karl. ECCLES, John. *O Eu e Seu Cérebro*. 1ª Ed. Campinas, SP: Papirus, 1995.

RICH, Elaine. KNIGHT, Kevin. *Inteligência Artificial*. 2ª Ed. São Paulo, SP: Makron Books, 1993.

RUSSEL, Stuart. NORVIG, Peter. *Inteligência Artificial*. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2013.

RONAN. Colin, A. *História Ilustrada da Ciência, das origens à Grécia*. 5ª Ed. São Paulo, SP: Círculo do Livro, 1987.

ROONEY, Anne. *A História da Física, da filosofia ao enigma da matéria escura*. 1ª Ed. São Paulo, SP: M. Books do Brasil, 2013.

SANTOS, Antônio, R. *Ética – caminhos da realização humana*. 4ª Ed. São Paulo, SP: Ed. Ave-Maria, 2004.

SILVER, Brian, L. *A Escalada da Ciência*. Trad. Arno Blass. 2ª Ed. Florianópolis, SC: Ed. USFC, 2008.

SNELL, Bruno. *A Cultura Grega: as origens do pensamento Europeu*. Trad. Pérola de Carvalho. 1ª Ed. São Paulo, SP: Perspectiva, 2001.

UNESCO. *Recomendações sobre ética na inteligência artificial*. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, França, e Representação da UNESCO no Brasil, 2022.

TEIXEIRA, João de Fernandes. *O cérebro e o robô: inteligência artificial, biotecnologia e a nova ética*. 1ª Ed. São Paulo, SP: Paulus, 2015.

TONONI, Giulio. *Un Viaggio Dal Cervello all'anima*. Codice Editore, 2014, Pp. 344 Disponível (on-line) em: <https://testoesenso.it/index.php/testoesenso/article/view/330>.

_____, KOCH, Christof. *Consciousness: here, there and everywhere?* *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140167, jan. 2015. Disponível (on-line) em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2014.0167>.

TURING, Alan, M. *Computing machinery and intelligence*. Mind, vol. 59, issue 236, 433–460, 1950.

VIANA, Wellistony, C. *Hans Jonas e a filosofia da mente*. 1ª Ed. São Paulo: Paulus, 2016.

WINSTON. Patrick, H. *Inteligência artificial*. Trad. Carlos O. Pavel. 1ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1988.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AGENTE

12, 38, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 70, 107, 108

AGENTES

46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57

ALGORITMO

22, 25, 56, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 114

APENAS

9, 11, 16, 18, 23, 36, 45, 46, 48, 49, 52, 60, 73, 84, 86, 88, 107, 108, 113, 114

APRENDIZAGEM

50, 51, 54, 74, 84, 96, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 114

ARTERO

48, 49, 53, 55, 69, 71, 74, 75, 76, 82, 86, 89, 90, 99, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 116

ASPECTO

13, 15, 20, 23, 25, 26, 30, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 44, 45, 52, 55, 57, 58, 59, 62, 66, 70, 72, 74, 75, 79, 82, 85, 89, 98, 99, 105, 106, 109, 110

B

BASE

13, 15, 16, 18, 28, 31, 33, 38, 40, 41, 45, 49, 56, 66, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 82, 85, 94, 101, 104, 107, 108, 111, 114

C

CAMPO

20, 23, 32, 35, 37, 40, 43, 45, 46, 48, 55, 56, 65, 70, 74, 77, 78, 84, 96, 104, 105, 109

CAPACIDADE

11, 13, 16, 17, 19, 22, 24, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 43, 45, 48, 49, 50, 51, 54, 57, 67, 70, 84, 94, 96, 97, 100, 103, 104, 105, 106

CIÊNCIA

6, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 43, 105, 106, 117

COMPUTACIONAL

9, 11, 26, 27, 37, 42, 44, 58, 64, 67, 72, 75, 79, 86, 94, 96, 101, 105, 106, 107, 108, 114

CONHECIMENTO

9, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 29, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 49, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 86, 94, 98, 99, 104, 105, 106, 107, 110, 116

CONJUNTO

30, 39, 41, 48, 51, 52, 69, 76, 78, 80, 82, 88, 89, 90, 95, 101, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114

CONSCIÊNCIA

12, 21, 23, 24, 29, 30, 31, 45

CONSISTE

27, 35, 50, 53, 61, 62, 63, 66, 70, 73, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 91, 96, 99, 108

CONTEXTO

9, 12, 16, 21, 22, 28, 30, 35, 42, 48, 55, 60, 61, 62, 66, 67, 70, 73, 74, 76, 77, 78, 82, 86, 94, 105

D

DADOS

9, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 37, 38, 42, 51, 52, 54, 55, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 77, 87, 91, 95, 100, 101, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 116

DECISÃO

49, 73, 109, 110, 111, 113

E

ENTRADA

12, 51, 91, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 107, 108, 109, 111, 112, 113

ESPECIALISTA

55, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82

F

FATO

11, 16, 23, 26, 32, 33, 38, 41, 42, 43, 45, 46, 54, 55, 59, 74, 86, 89, 91, 96, 98, 101, 103, 104, 105

FONTE

14, 15, 19, 21, 22, 24, 26, 28, 36, 50, 52, 53, 63, 70, 72, 79, 95, 97, 100, 103, 109, 112

FUNÇÃO

44, 53, 54, 60, 61, 62, 64, 66, 98, 99, 101, 107, 108, 109, 112, 113

H

HUMANA

9, 11, 13, 14, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 69, 75, 78, 79, 94, 95, 97, 99, 105, 117

HUMANO

15, 18, 19, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 69, 73, 74, 76, 84, 85, 94, 98, 103, 104, 106

ÍNDICE REMISSIVO (continuação)

I

IMPORTANTE

9, 11, 13, 14, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 49, 51, 57, 60, 64, 67, 71, 77, 78, 88, 103, 104

INDIVÍDUOS

25, 41, 45, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

INFORMAÇÃO

7, 14, 22, 34, 37, 48, 69, 70, 71, 77, 84, 87, 88, 91, 97, 98, 99, 112, 113, 116

L

LINGUAGEM

13, 24, 25, 29, 31, 32, 45, 71, 73, 77, 78, 80, 85, 86, 89, 91

M

MEIO

15, 41, 42, 44, 55, 58, 59, 62, 64, 75, 78, 85, 96, 101, 106, 108, 109, 110

MESMO

14, 16, 21, 23, 24, 33, 35, 38, 42, 44, 46, 56, 70, 71, 75, 78, 85, 88, 92, 95, 100, 103, 104, 112, 113

MUNDO

12, 14, 20, 23, 24, 27, 29, 32, 35, 40, 45, 46, 75, 76, 84, 85, 86, 103

O

OBJETO

11, 15, 22, 29, 33, 34, 38, 49, 70, 71, 80, 86, 104, 105, 111

P

PENSAMENTO

14, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 43, 45, 46, 77, 78, 84, 85, 87, 117

PONTO

14, 17, 20, 21, 24, 27, 32, 33, 34, 35, 37, 42, 43, 45, 46, 53, 62, 64, 65, 69, 70, 75, 76, 77, 82, 85, 86, 100, 114

POPULAÇÃO

58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 90

POSSÍVEL

9, 13, 16, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 33, 35, 38, 39, 44, 45, 48, 52, 54, 60, 61, 71, 82, 90, 104, 106, 115

PRECISO

15, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 39, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 67, 70, 71, 76, 77, 85, 86, 87, 92, 105, 115

PROBLEMA

15, 21, 34, 46, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 67, 69, 70, 94, 106, 108, 114, 115

PROBLEMAS

11, 31, 39, 45, 49, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 67, 69, 77, 80, 85, 86, 88, 91, 103, 108, 115

PROCESSAMENTO

9, 11, 12, 13, 22, 26, 37, 52, 67, 69, 70, 76, 84, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 105, 109, 110

PROCESSO

9, 11, 16, 17, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 49, 50, 55, 56, 58, 59, 60, 62, 64, 66, 70, 71, 73, 75, 76, 84, 90, 94, 99, 100, 103, 104, 106, 107, 110, 113

R

REDE

12, 39, 78, 79, 80, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 113

REGRAS

32, 33, 52, 53, 71, 72, 73, 74, 75, 82, 85, 109, 110, 114

REPRESENTAÇÃO

26, 35, 38, 39, 51, 53, 60, 61, 62, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 87, 89, 90, 91, 94, 95, 97, 107, 111, 117

RESPEITO

18, 32, 36, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 49, 57, 61, 65, 70, 71, 73, 75, 77, 78, 79, 85, 88, 90, 95, 103, 111, 114, 115

S

SAÍDA

24, 51, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113

SEGUINTE

23, 25, 26, 29, 30, 37, 41, 44, 55, 59, 60, 65, 66, 72, 79, 89, 90, 91, 95, 97, 99, 101, 108, 111, 112

SISTEMA

14, 16, 19, 22, 40, 41, 43, 44, 48, 51, 54, 55, 56, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 87, 89, 100, 101, 104, 107

T

TEORIA

7, 9, 11, 14, 15, 16, 20, 36, 44, 57, 58, 81, 88, 89, 90, 91, 116

V

ÍNDICE REMISSIVO (continuação)

VALOR

50, 51, 52, 61, 66, 70, 89, 90, 95, 98, 99, 101, 108, 109, 111,
114

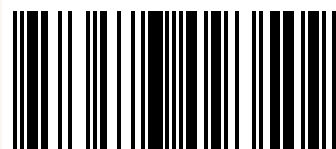
VALORES

42, 52, 61, 64, 80, 86, 89, 90, 99, 108, 109, 110, 111, 112

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL - TRAÇOS PRÁTICOS E CONCEITUAIS

Nesta obra a atriz principal é à Inteligência Artificial. É importante elucidar que à Inteligência Artificial constitui-se numa área composta de um grande entrelaçamento de saberes de características multidisciplinares e que convergem para o seu desenvolvimento, tanto técnico como conceitual. Neste contexto à Inteligência Artificial envolve uma volumosa quantidade de conhecimento acumulado ao longo do nosso instigante e cambaleante processo civilizacional. Conhecimento este que abarca o cálculo, lógica matemática, epistemologia, teoria computacional, física, psicologia e biologia apenas para citarmos os basilares e primários. É importante frisar que nos últimos anos e aqui também para estabelecer um marco temporal em anos, digamos a partir dos anos 2000, ou deste século, à Inteligência Artificial tem se tornado muito popular, e máquinas com diferentes finalidades e diferentes níveis de processamento de dados, dotadas de características inteligentes vem sendo utilizadas em várias áreas. Bem possível que estejam cada vez mais presentes e se façam sentir em nossa existência diária. O que ocasionalmente terá um impacto gradativamente maior na sociedade humana da contemporaneidade.

ISBN



9-786-58309-3509