

A identificação de melhorias para o processo de liberação de resultado de exame de Glicemia de um laboratório de análises clínicas com auxílio da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$

The identification of improvements to the process of release of Blood Glucose test results from a clinical analysis laboratory with the aid of Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$

La identificación de mejoras em el proceso de Liberación de los resultados de las pruebas de Glucosa en sangre de um laboratório de análisis clínicos con la ayuda de la Lógica Paraconsistente Notada Evidencial $E\tau$

Recebido: 07/11/2023 | Revisado: 14/11/2023 | Aceitado: 15/11/2023 | Publicado: 18/11/2023

José Rodrigo Cabral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3896-6233>
Universidade Paulista, Brasil
E-mail: joserodrigocabral@gmail.com

Jair Míno Abe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2088-9065>
Universidade Paulista, Brasil
E-mail: jairabe@uol.com.br

Luiz Rodrigo Bonette

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9146-764X>
Universidade Paulista, Brasil
E-mail: rogobonette@hotmail.com

Patrícia Cristina de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9432-7829>
Universidade Paulista, Brasil
E-mail: patriciacristinadelima@outlook.com

Resumo

O processo de realização de exames em um laboratório de análises clínicas passa por diferentes fases. Na sua maioria, de forma automatizada, a divergência de dados obriga a interrupção para tomadas de decisões humanas. Tal parada atrasa os resultados e impacta nas resoluções médicas. Se considerarmos que um desses diagnósticos é a Diabetes, há um agravamento. Com base nessa problemática, o objetivo deste trabalho é propor uma melhoria do processo de liberação dos resultados de exames laboratoriais através da aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ e do algoritmo Para-Analisador. Tal processo permite que os profissionais envolvidos nessas fases possam desenvolver, de maneira mais rápida, olhares decisórios. Como recorte, a pesquisa utilizou a detecção de glicemia, exame realizado para confirmação de diagnóstico de Diabetes. No aprofundamento teórico do estudo, questões acerca da *Diabetes Mellitus* (DM) e da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ foram levantadas. Como processo metodológico, utilizaram-se duas fases. Na primeira delas, um levantamento dos pontos sensíveis comuns nesse tipo de exame aconteceu. Em seguida, tais dados foram associados ao fluxo de avaliação da glicemia em um laboratório clínico e aplicados através do algoritmo Para-Analisador utilizando a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$. A partir disso, apresentou-se um modelo para auxiliar os biomédicos em sua tomada de decisão, buscando uma liberação mais ágil e confiável para os pacientes. Como resultado secundário, foi possível perceber, ainda, que a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ pode ser aplicada em outras áreas de saúde, sendo opção para a melhoria de processos de forma geral.

Palavras-chave: Tomada de decisão; Lógica paraconsistente anotada evidencial $E\tau$; Glicemia.

Abstract

The process of conducting tests in a clinical laboratory goes through different stages. For the most part, it is automated, but data discrepancies require interruptions for human decision-making. Such interruptions delay the results and impact medical decisions. If we consider that one of these diagnoses is diabetes, there is a worsening of the situation. Based on this issue, the objective of this work is to propose an improvement in the process of releasing the results of laboratory tests through the application of Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$ and the Para-Analyzer algorithm. This process aims to enable the professionals involved in these stages to develop decision-making more quickly. As a specific focus, the research used the detection of blood glucose levels, a test performed to

confirm a diagnosis of diabetes. In the theoretical depth of the study, questions about *Diabetes Mellitus* (DM) and Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et were raised. As a methodological process, two phases were used. In the first phase, a survey of common sensitive points in this type of test was conducted. Then, this data was associated with the blood glucose evaluation flow in a clinical laboratory and applied through the Para-Analyzer algorithm using Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et . From this, a model was presented to assist biomedical professionals in their decision-making, seeking a faster and more reliable release of results for patients. As a secondary result, it was also possible to perceive that Paraconsistent Annotated Evidential Logic Et can be applied in other areas of healthcare, providing an option for process improvement in general.

Keywords: Decision-making; Paraconsistent annotated evidential logic Et ; Blood glucose.

Resumen

El proceso de realización de pruebas en un laboratorio de análisis clínicos pasa por diferentes etapas. En su mayoría, es automatizado, pero las discrepancias en los datos requieren interrupciones para la toma de decisiones humanas. Estas interrupciones retrasan los resultados e impactan en las decisiones médicas. Si consideramos que uno de estos diagnósticos es la diabetes, la situación empeora. Basándonos en este problema, el objetivo de este trabajo es proponer una mejora en el proceso de liberación de los resultados de las pruebas de laboratorio mediante la aplicación de la Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et y el algoritmo Para-Analizador. Este proceso tiene como objetivo permitir que los profesionales involucrados en estas etapas puedan tomar decisiones de manera más rápida. Como enfoque específico, la investigación utilizó la detección de los niveles de glucosa en sangre, una prueba realizada para confirmar el diagnóstico de la diabetes. En la profundización teórica del estudio, se plantearon cuestiones sobre la *Diabetes Mellitus* (DM) y la Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et . Como proceso metodológico, se utilizaron dos fases. En la primera de ellas, se llevó a cabo una encuesta sobre los puntos sensibles comunes en este tipo de prueba. Luego, estos datos se asociaron con el flujo de evaluación de la glucosa en sangre en un laboratorio clínico y se aplicaron mediante el algoritmo Para-Analizador utilizando la Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et . A partir de esto, se presentó un modelo para ayudar a los profesionales biomédicos en la toma de decisiones, buscando una liberación de resultados más rápida y confiable para los pacientes. Como resultado secundario, también se pudo observar que la Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et se puede aplicar en otras áreas de la salud, ofreciendo una opción para mejorar los procesos en general.

Palabras clave: Toma de decisiones; Logica paraconsistente anotada evidencial Et ; Glucosa.

1. Introdução

A Diabetes (*Diabetes Mellitus*) é uma das doenças, que mais cresce no mundo. Segundo coletas realizadas pela Fundação Oswaldo Cruz [Fiocruz], em 2021, cerca de 80% dos novos casos do mundo advêm de países em desenvolvimento. Os dados repetem o levantamento realizado pela Organização Mundial de Saúde [OMS] em 2006. Na previsão da OMS, em 2000, era cerca de 177 milhões de pessoas com a doença no planeta. Para 2025, esse número deve chegar a 350 milhões.

O “Caderno de atenção básica”, desenvolvido pelo Ministério da Saúde brasileiro (2006), apontou, que além de um problema físico, a Diabetes é, também, um problema social. Com mortalidade de 9%, a doença, ainda, implica em limitações, que vão desde problemas cardiovasculares e diálise por insuficiência renal crônica até cirurgias para amputações de membros inferiores. Outra consequência, que afeta diretamente a qualidade de vida de pacientes e familiares, é a cegueira irreversível, com chances quatro vezes maiores de desenvolvimento naqueles diagnósticos tardios e incompletos.

Um ponto de sensibilidade importante na prevenção e detecção da Diabetes é o exame clínico laboratorial. De fácil realização e coleta, o exame possui grande discrepância na análise dos resultados quando realizado em rede pública ou privada. Dados apontam que a média de resposta na rede privada varia entre três e 24 horas, enquanto na rede pública o resultado pode demorar até sete dias. Parte disso acontece porque, dentro da rede privada, o número de profissionais e equipamentos para realização é maior, o que acelera a resolução.

Contudo, não é incomum que haja empecilhos, os quais atrasam esse diagnóstico. Questões, como falta de reagente, falta de mão de obra e equipamentos defeituosos, corroboram para uma conclusão tardia tanto na rede pública quanto na privada. Um ponto de destaque é a necessidade da intervenção humana em alguns momentos do processamento automático. Essa intervenção se dá, especialmente, quando há problemas nas amostras colhidas ou os dados apresentam enormes variações em relação às métricas estabelecidas previamente.

Esta pesquisa busca, então, compreender os pontos sensíveis do processamento do exame de Diabetes em um laboratório de análises clínicas privado da cidade de Ribeirão Preto/SP, apontando momentos e locais, onde pode haver melhorias, acelerando, assim, a liberação de exames. Para isso, será utilizada a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et, método que auxilia processos de tomada de decisão.

Como segundo plano, este trabalho busca discutir os processos analíticos relacionados a Diabetes assim como a teoria da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et e suas aplicações.

Justifica-se a existência de tal pesquisa pela baixa aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et em vias de saúde no meio acadêmico como também em situações reais de mercado.

2. Fundamentação Teórica

2.1 A *Diabetes Mellitus* (DM) e o processo clínico

A OMS adota, desde 2015, a definição de *Diabetes Mellitus* (DM) como nomenclatura para a Diabetes. Seguindo a mesma norma, o Ministério da Saúde (2023) entende a Diabetes como uma “síndrome metabólica de origem múltipla, decorrente da falta de insulina e/ou da incapacidade de a insulina exercer adequadamente seus efeitos” (*online*). De maneira simplificada, a Diabetes consiste na incapacidade do pâncreas de produzir e processar glicose, o que gera uma quantidade excessiva de açúcar no sangue (Brutti et al., 2019). Atualmente, a Diabetes é considerada uma epidemia pela OMS (Cobas, 2015).

É importante compreender que não há apenas uma variante de Diabetes. Na mesma definição adotada pela OMS em 2015 foram estabelecidos, também, os tipos. Esses tipos nada mais são do que categorias para determinar a origem e o tratamento da doença. Orozco e Alves (2017) explicam que, dos três tipos definidos pela OMS, 90% dos doentes correspondem ao Tipo 2; ou seja, grupo de pacientes, que adquiriram a doença ao longo da vida sem qualquer questão genética. Esse grupo não é, prioritariamente, usuário de insulina e tem o controle através de melhoria na alimentação e na execução de exercícios físicos.

O Tipo 1 da Diabetes consiste no grupo de pessoas, que possuem conexão genética com o surgimento da doença. Nesse caso, que representa 5% dos doentes (Orozco & Alves, 2017), o sistema imunológico é responsável por atacar o pâncreas e este não realiza seu papel. O tratamento para Diabetes Tipo 1 consiste nas chamadas “bombas de insulina”, injeções ou aplicações subcutâneas com dosagem diária.

O terceiro tipo de Diabetes definido pela OMS é a Gestacional. Causada pelos hormônios da gravidez, a Diabetes Gestacional pode ocorrer apenas durante a gestação e se encerrar ou, ainda, continuar no pós-parto, afetando o bebê e a mãe. Nesses casos, o tratamento básico consiste em exames periódicos de insulina, regulação da alimentação e exercícios físicos.

Os exames para detecção e confirmação da *Diabetes Mellitus* se dão em quatro frentes: a glicemia em jejum, o teste de tolerância oral à glicose (TOTG), a hemoglobina glicada (HbA1c) e a glicemia aleatória. Nos quatro casos, a matéria-prima para análise é o sangue. O processo de análise considera coletas do paciente em jejum após duas horas de uma sobrecarga de glicose e medições ao acaso. No Brasil, a partir de dados da OMS e da Sociedade Brasileira de Diabetes, os valores de referência para afirmação de um caso positivo da doença consistem em:

- Glicemia em jejum maior ou igual a 126 mg/dL em duas ocasiões diferentes.
- Glicemia duas horas após uma sobrecarga de 75 g de glicose maior ou igual a 200 mg/dL em duas ocasiões diferentes.
- HbA1c maior ou igual a 6,5% em duas ocasiões diferentes.
- Glicemia aleatória maior ou igual a 200 mg/dL em pacientes com sintomas clássicos de hiperglicemia.

Antunes et al. (2021) demonstram os valores de referência de maneira simplificada, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Padrões de medição para glicose.

	Glicose em jejum (mg/dL)	Glicose 2 horas após sobrecarga com 75 g de glicose (mg/dL)	Glicose ao acaso (mg/dL)	HbA1c (%)	Observações
Normoglicemia	< 100	< 140	-	< 5,7	OMS emprega valor de corte de 110 mg/dL para normalidade da glicose em jejum.
Pré-diabetes ou risco aumentado para DM	≥ 100 e < 126*	≥ 140 e < 200**	-	≥ 5,7 e < 6,5	Positividade de qualquer dos parâmetros confirma diagnóstico de pré-diabetes.
Diabetes estabelecido	≥ 126	≥ 200	≥ 200 com sintomas inequívocos de hiperglicemia	≥ 6,5	Positividade de qualquer dos parâmetros confirma diagnóstico de DM. Método de HbA1c deve ser o padronizado. Na ausência de sintomas de hiperglicemia, é necessário confirmar o diagnóstico pela repetição de testes.

Fonte: Antunes et al. (2021, p. 116.534).

A primeira coluna define as situações do paciente, podendo ser “Normoglicemia” para situações sem a doença, “Pré-diabetes ou risco aumentado” para pacientes em situação próxima de adquirir a doença de maneira definitiva e “Diabetes estabelecido” para os casos em que a doença já se encontra atestada.

Seguindo as orientações da Sociedade Brasileira de Diabetes, o processo para exame de glicemia é formado por três etapas e deve ser obedecido para melhor constatação. A primeira etapa, chamada de “pré-analítica”, considera desde a coleta dos dados do paciente, passando pela coleta da amostra de sangue até a análise de triagem. Aqui, é essencial que todos os aspectos sejam considerados, evitando informações cruzadas ou incompletas. Já a segunda etapa é denominada “analítica” e é composta pela execução do exame através dos equipamentos com parâmetros de cálculo “Delta Check”. Na segunda etapa, verifica-se se os valores apresentados pelo exame e os de referência são adequados para a Normoglicemia ou outra situação. É, aqui, também, que se dá a necessidade da intervenção humana em casos atípicos. A terceira e última etapa é denominada “pós-analítica” e se caracteriza pela elaboração do laudo final com os resultados. O sucesso da terceira fase é a geração da documentação adequada para análise médica.

2.2 Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

O modelo de Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial (LPAE) é diferente dos modelos tradicionais por incluir a variante Et. Essa Lógica permite a entrada de proposições do tipo p (μ, λ), com μ simbolizando o grau de evidência a favorável e λ indicando o grau de evidência oposta. Ambos os valores devem ser representados entre os valores de 0 e 1 (Abe, 1992; Nakamatsu & Abe, 2009; Abe et al., 2015).

Ao usar as operações da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et para tomada de decisões, há o emprego de técnicas de maximização e minimização. A maximização busca o grau resultante positivo, enquanto a minimização busca o grau de evidência oposta (Abe et al., 2015).

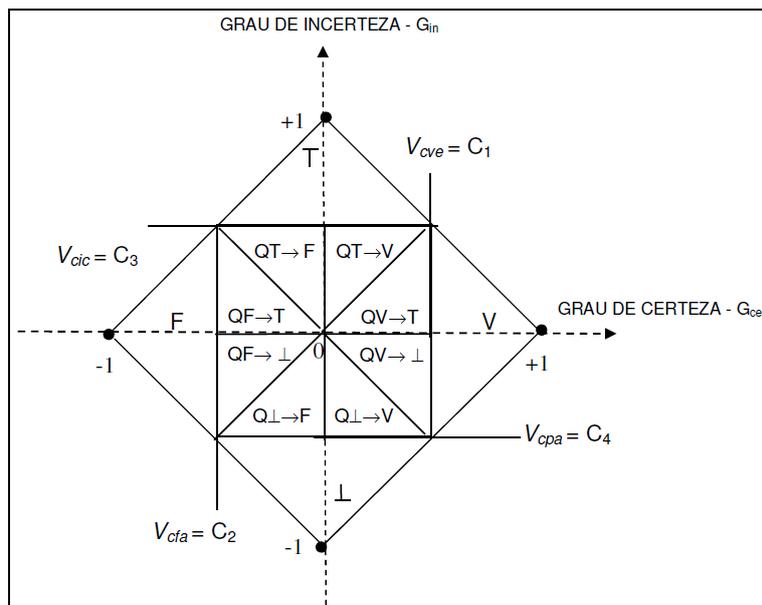
Os graus μ e λ derivam das proposições e correspondem ao Grau de Certeza (Gcer) e ao Grau de Incerteza (Ginc), respectivamente (Carvalho & Abe, 2011). O Gcer é dado pela diferença entre μ e λ ; ou seja, $Gcer(\mu, \lambda) = \mu - \lambda$, e o Ginc é determinado pela fórmula $Ginc(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1$.

Em vez de tratar apenas como verdadeiro, pode-se operar com faixas de verdade. Essas faixas traduzem a noção de certeza, conforme a proposição em questão. Existem quatro valores-limite para determinar essas faixas:

- $V_{cve} = C1 =$ Valor de controle de veracidade; $0 \leq V_{cve} \leq 1$
- $V_{cfa} = C2 =$ Valor de controle de falsidade; $-1 \leq V_{cfa} \leq 0$
- $V_{cic} = C3 =$ Valor de controle de inconsistência; $0 \leq V_{cic} \leq 1$
- $V_{cpa} = C4 =$ Valor de controle de paracompleteza; $-1 \leq V_{cpa} \leq 0$

Para ilustrar o Grau de Certeza e o Grau de Incerteza, empregamos uma imagem chamada reticulado (τ), (Abe et al., 2015). Na Figura 1, é possível discernir os resultados lógicos obtidos e seus valores-limite.

Figura 1 - Reticulado com os graus de certeza e incerteza.



Fonte: Adaptado de Abe (2011).

Dando continuidade à interpretação da Figura 1, demos, na Tabela 2, os estados lógicos extremos e os símbolos representados no reticulado.

Tabela 2 - Estados lógicos extremos.

Estados Lógicos Extremos	Símbolo
Verdadeiro	V
Falso	F
Inconsistente	T
Paracompleto	⊥

Fonte: adaptado de Abe et al. (2015).

Ainda sobre a Figura 1, podemos identificar, na Tabela 3, os estados lógicos não extremos e os símbolos representados no reticulado.

Tabela 3 - Estados lógicos não extremos.

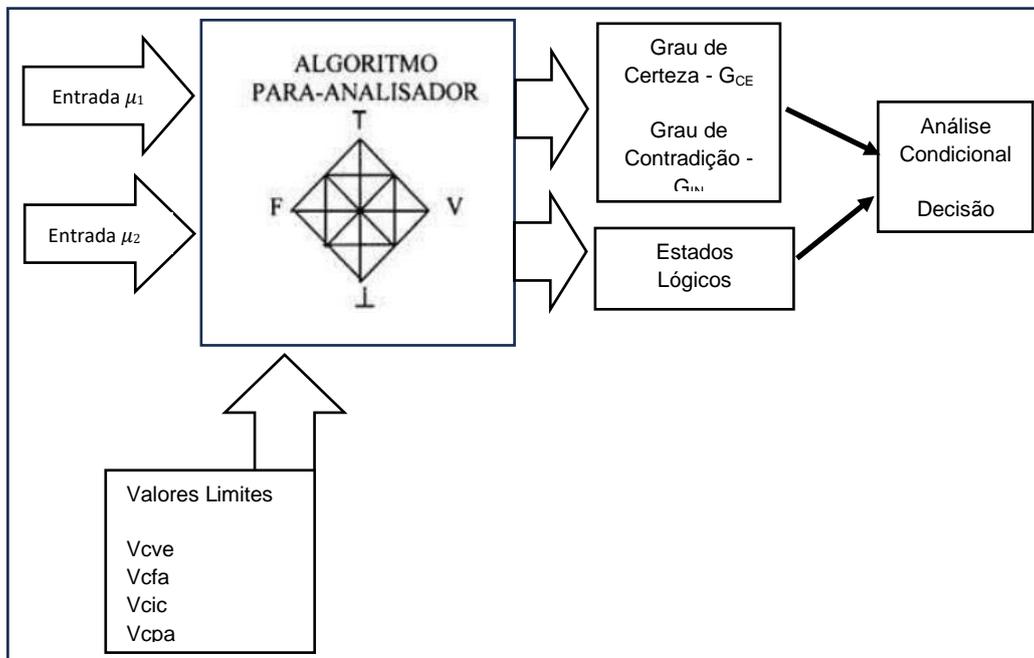
Estados Não Extremos	Símbolo
Quase - Verdadeiro tendendo ao Inconsistente	$QV \rightarrow T$
Quase - Verdadeiro tendendo ao Paracompleto	$QV \rightarrow \perp$
Quase - Falso tendendo ao Inconsistente	$QF \rightarrow T$
Quase - Falso tendendo ao Paracompleto	$QF \rightarrow \perp$
Quase - Inconsistente tendendo ao Verdadeiro	$QT \rightarrow V$
Quase - Inconsistente tendendo ao Falso	$QT \rightarrow F$
Quase - Paracompleto tendendo ao Verdadeiro	$Q\perp \rightarrow V$
Quase - Paracompleto tendendo ao Falso	$Q\perp \rightarrow F$

Fonte: adaptado de Abe et al. (2015).

2.2.1 Algoritmo Para-Analisador

O uso do Para-Analisador para tomada de decisões fundamenta-se nas proposições e em suas respectivas anotações. Se o sistema está empregando a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ para decidir com base em múltiplas informações, o Para-Analisador é capaz de avaliar as evidências favoráveis e contrárias. O Para-Analisador tem potencial para enriquecer pesquisas em áreas como Robótica (Torres & Reis, 2015), Redes Neurais (Souza & Abe, 2015) e Saúde (Abe et al., 2016).

Figura 2 - Representação do Para-Analisador.



Fonte: Elaborada a partir de Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008).

3. Metodologia

O processo metodológico utilizado para o estudo consiste em dois métodos: método qualitativo de estudo de caso único (Yin, 2015) associado ao método quantitativo da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ (Abe, 2015).

3.1 A coleta dos dados e a utilização do primeiro método: Estudo de caso

O procedimento para obtenção de dados para o estudo de caso analisou a estrutura organizacional sob uma perspectiva sistêmica e integral entre as unidades, utilizando informações extraídas de documentos e registros acessíveis *online* (Yin, 2015).

A pesquisa foi realizada no Brasil, utilizando como referência um laboratório de análises clínicas de abrangência nacional, composto por mais de 350 unidades, oferecendo serviços de gestão de saúde, exames laboratoriais, exames de imagens e vacinas. A escolha da unidade para a realização de coleta das informações foi a unidade localizada na cidade de Ribeirão Preto/SP por possuir unidades de atendimento ao público e atendimento hospitalar; portanto, possui um alto volume de solicitações médicas do exame de glicemia.

3.2 A coleta dos dados e utilização do segundo método: Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

Para a realização dos cálculos utilizando o para-analisador (Abe, 2015), foram solicitados alguns dados ao laboratório e realizados alguns processos de acordo com sua etapa.

A primeira etapa para a realização do estudo solicitou ao departamento de qualidade do laboratório uma análise da viabilidade do projeto e um levantamento dos processos realizados em cada etapa de realização do exame de glicemia.

Após identificada cada etapa, foram mapeados os fatores críticos, que influenciam na tomada de decisão do biomédico, para realizar a liberação de um resultado fora do padrão de normalidade. Em cada fator, temos as seções a serem pesquisadas e o número de especialistas a serem consultados. Neste estudo, esses especialistas são representados por três médicos endocrinologistas, três biomédicos e três profissionais do setor de qualidade.

Esses dados parciais foram reorganizados em um banco de dados utilizado no Para-Analisador aplicando a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et e considerando o nível de exigência na tomada de decisão e o nível de importância de cada especialista.

4. Resultados

O mapeamento dos processos para realização do teste de glicemia em um laboratório de análises clínicas passa por três fases (Blick, 1997). Essas fases são:

- Pré-analítica: cadastro e coleta da amostra.
- Analítica: recebimento das amostras e execução do exame.
- Pós-analítica: liberação do laudo para o paciente.

Cada fator escolhido foi relacionado com um nível de exigência designado em uma escala entre zero e um. Esses resultados foram analisados separadamente e aplicada a regra do Para-Analisador, para demonstrar sua influência combinada na tomada de decisão de liberação de um resultado de exame de glicemia.

Foram relacionados pelo setor da qualidade três fatores importantes, separados pela sua fase de realização em 13 seções. Cada seção está alocada de acordo com seu fator.

Na Tabela 4, identifica-se cada fator com o respectivo processo em casa fase.

Tabela 4 - Fatores e seus processos.

Fator	Processos em cada fator
F01	Informações do paciente
F02	Triagem e verificação de qualidade
F03	Verificação dos equipamentos e valores específicos do exame

Fonte: Adaptada a partir de Silva Filho et al. (2008).

Na Tabela 5, é possível identificar todos os critérios levantados pelo setor da qualidade: fator, peso, seção e fase, apontando os itens de cada um a serem analisados. Para cada item analisado, perguntas, a cada especialista sobre a importância em sua análise para realização da liberação de um resultado de exame de glicose, foram feitas.

Tabela 5 - Processos identificados pelo Departamento de Qualidade Laboratorial.

Fator	Peso	Seção	Item a ser analisado	Fase	
F01	P01	S1	idade do paciente	Processo Pré-analítico	Atendimento
		S2	cumprimento do jejum		
		S3	ingestão de medicamentos		
		S4	paciente estar gestante		
		S5	paciente possuir uma doença pré-existente		
F02	P02	S1	volume de amostra coletado	Processo Analítico	Triagem
		S2	amostra coletada apresentar restrição		
		S3	armazenagem da amostra coletada		
		S4			
		S5			
F03	P03	S1	controle da qualidade dos equipamentos	Processo Analítico	Área Técnica
		S2	validade dos reagentes		
		S3	manutenção preventiva dos equipamentos		
		S4	valor de referência dos exames		
		S5	resultado dos exames anteriores		

Fonte: Elaborada a partir de Silva Filho et al. (2008).

Transferidos e organizados, esses dados migraram para o Para-Analisador, conforme a Tabela 6. A partir disso, já foi possível identificar, claramente, as respostas de cada especialista de acordo com cada item analisado, seguindo as classificações pré-estabelecidas.

Tabela 6 - Base de dados do Para-Analisador.

BASE DE DADOS																					
Fator	Peso	Seção	F e S	Grupo A						Grupo B						Grupo C					
				Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		Espec 5		Espec 6		Espec 7		Espec 8		Espec 9	
				a_{ij1}	b_{ij1}	a_{ij2}	b_{ij2}	a_{ij3}	b_{ij3}	a_{ij4}	b_{ij4}	a_{ij5}	b_{ij5}	a_{ij6}	b_{ij6}	a_{ij7}	b_{ij7}	a_{ij8}	b_{ij8}	a_{ij9}	b_{ij9}
F01	P01	S1	F01S1	1,00	0,10	1,00	0,00	0,80	0,80	0,80	0,20	0,70	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,70	0,20	0,50	0,10
		S2	F01S2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,90	0,90	1,00	0,00	0,9	0,00	1,00	1,00	0,9	0,10	1,00	0,00	1,00	1,00
		S3	F01S3	1,00	0,10	1,00	0,00	0,60	0,50	0,60	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,80	0,00	0,50	0,50
		S4	F01S4	1,00	0,10	0,50	0,00	1,00	0,50	0,80	0,20	0,80	0,50	0,80	0,20	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,10
		S5	F01S5	0,80	0,10	1,00	0,00	0,70	0,50	0,80	0,20	1,00	0,00	0,50	0,50	0,60	0,80	0,80	0,20	0,50	0,10
F02	P02	S1	F02S1	1,00	0,10	1,00	0,20	0,70	1,00	0,90	0,00	0,70	0,40	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
		S2	F02S2	1,00	0,10	1,00	0,20	1,00	1,00	0,90	0,10	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,80	0,30	1,00	1,00
		S3	F02S3	1,00	0,10	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,10	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
		S4	F02S4																		
		S5	F02S5																		
F03	P03	S1	F03S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,80	1,00	0,90	0,10	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00
		S2	F03S2	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,10	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,5	1,00	0,00	1,00	1,00
		S3	F03S3	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,90	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
		S4	F03S4	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,80	0,20	0,90	0,00	0,50	0,50	1,00	0,00	0,70	0,00	0,50	0,50
		S5	F03S5	1,00	0,00	1,00	0,00	0,80	0,90	0,90	0,00	0,90	0,10	0,50	0,50	0,20	0,00	0,80	0,20	0,80	0,50

Fonte: Elaborada a partir de Silva Filho et al. (2008).

Cada grupo demonstrado na Tabela 6 se refere a um tipo de especialista, que colaborou na coleta das informações pelo setor da qualidade do laboratório em estudo. Esses grupos foram organizados conforme a Tabela 7. Cada grupo possui três especialistas da mesma área.

Tabela 7 - Grupos de especialistas.

Grupos	Especialistas
Grupo A	Médicos Endocrinologistas
Grupo B	Biomédicos
Grupo C	Setor de Qualidade

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os valores de a_{ij} representam as respostas entre zero e um sobre o quanto o item é favorável para a análise utilizando o algoritmo Para-Analisador, e os valores b_{ij} representam o quanto é desfavorável (Dill et al., 2014).

Através dessa base de dados, observa-se, na Tabela 8, os cálculos de maximização e minimização realizados pelo algoritmo Para-Analisador e suas conclusões, demonstrando, de acordo com as repostas dos especialistas se cada item é viável, não viável, conclusivo ou não conclusivo.

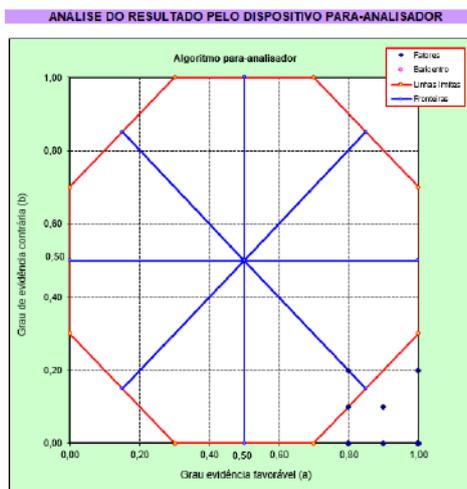
Tabela 8 - Cálculos do Para-analisador.

Fator	Peso	Seção	A		B		C		Graus resultantes		Nível de Exigência >		0,70		Ponderação dos	
			MAX [E1, E2, E3]		MAX [E4, E5, E6]		MAX [E7, E8, E9]		MIN [A, B, C]		H		G		Conclusões	
			a_{iGA}	b_{iGA}	a_{iGB}	b_{iGB}	a_{iGC}	b_{iGC}	a_{iR}	b_{iR}	H	G	Decisão	$P_i \times a_{iR}$	$P_i \times b_{iR}$	
F01	1	S1	1,00	0,00	0,80	0,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,80	-0,20	VIÁVEL	0,8	0,0	
F01	1	S2	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	VIÁVEL	1,0	0,0	
F01	1	S3	1,00	0,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,80	0,00	0,80	-0,20	VIÁVEL	0,8	0,0	
F01	1	S4	1,00	0,00	0,80	0,20	1,00	0,00	0,80	0,20	0,60	0,00	NÃO CONCLUSIVO	0,8	0,2	
F01	1	S5	1,00	0,00	1,00	0,00	0,80	0,10	0,80	0,10	0,70	-0,10	VIÁVEL	0,8	0,1	
F02	2	S1	1,00	0,10	0,90	0,00	1,00	0,00	0,90	0,10	0,80	0,00	VIÁVEL	1,8	0,2	
F02	2	S2	1,00	0,10	1,00	0,00	1,00	0,20	1,00	0,20	0,80	0,20	VIÁVEL	2,0	0,4	
F02	2	S3	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	VIÁVEL	2,0	0,0	
F03	3	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	VIÁVEL	3,0	0,0	
F03	3	S2	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	VIÁVEL	3,0	0,0	
F03	3	S3	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	VIÁVEL	3,0	0,0	
F03	3	S4	1,00	0,00	0,90	0,00	1,00	0,00	0,90	0,00	0,90	-0,10	VIÁVEL	2,7	0,0	
F03	3	S5	1,00	0,00	0,90	0,00	0,80	0,00	0,80	0,00	0,80	-0,20	VIÁVEL	2,4	0,0	

Fonte: Elaborada a partir de Silva Filho et al. (2008).

Ao finalizar a análise, o algoritmo Para-Analisador gerou, de forma gráfica, um reticulado, onde são observáveis, na Figura 3, os pontos correspondentes à conclusão de cada seção e às áreas de grau de certeza ou de incerteza.

Figura 3 - Análise do resultado pelo reticulado do Para-Analisador.



Fonte: Elaborada a partir de Silva Filho et al. (2008).

Ao analisar as 13 seções e seus itens relacionados, identificou-se que 12 seções foram classificadas como “viável”. Isso demonstra que as respostas dos especialistas estão apontando para um grau de verdade, podendo, assim, serem utilizadas como referência para outros especialistas, que tenham alguma dúvida sobre algum critério específico.

Destacaram-se duas seções mais imprescindíveis, em que uma demonstra as respostas padronizadas dos especialistas. No item F01S02, “cumprimento do jejum”, todos os especialistas responderam entre 0.9 e 1.0 sobre o grau de importância favorável na realização deste para a execução do exame. Isso demonstra que o cumprimento desse item é muito importante e auxilia na tomada de decisão mais rápida de novos colaboradores através da observação e análise das respostas dos demais especialistas sobre esse item.

Na segunda seção de destaque, existe divergência entre os especialistas. É o caso do item F01S04 “paciente estar gestante”. Nesse item, foi observado que não houve uma padronização nas respostas. Portanto, os valores favoráveis e desfavoráveis possuem uma variação muito grande, expressando que esse item é muito peculiar sobre a análise de cada especialista e ele sozinho não pode ser levado em consideração para a tomada de decisão.

De maneira geral, os valores obtidos nesta pesquisa mostram que, para que haja uma tomada de decisão mais rápida e assertiva pelo profissional responsável pela liberação dos resultados do exame de glicemia, é fundamental uma base referencial. É possível, então, a utilização da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ como uma ferramenta nesses casos.

5. Considerações Finais

A área da saúde é uma área, que está em constante evolução, buscando novos métodos de análises e novas tecnologias para suporte aos diagnósticos médicos. A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, com auxílio do algoritmo Para-Analisador, se mostra uma ferramenta promissora para a área.

Como demonstrado no caso de tomada de decisão em liberação de resultados de exames de glicemia, pode-se utilizar esse modelo para qualquer outro tipo de exame de análises clínicas apenas realizando os ajustes das seções a serem analisadas.

O uso da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et na área da saúde vai muito além do auxílio de tomada de decisão. Utilizando o algoritmo Para-Analisador, pode ser aplicada em outras áreas, como, por exemplo, na identificação de imagens para diagnóstico de tumores, auxiliando os médicos no reconhecimento de padrões pouco perceptíveis.

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et não se restringe apenas à identificação de padrões e ao auxílio de tomada de decisão. Ela pode, também, ser amplamente utilizada na robótica com o desenvolvimento de novos equipamentos para a realização de exames e até mesmo cirurgias.

Como sugestão de trabalhos futuros, indica-se um modelo para o auxílio na tomada de decisão na liberação de resultados através de um software integrado com a automação dos laboratórios, onde o processo de coleta e o processamento de informações trabalhadas pela Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et possam ser abastecidos e consultados por diferentes profissionais envolvidos. Isso possibilitaria a aplicação em diferentes diagnósticos, como Colesterol e COVID-19, por exemplo.

Por fim, o uso da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et na área da saúde garante, para a área acadêmica, constantes estudos sobre o assunto, assegurando, assim, que o tema esteja sempre atualizado.

Agradecimentos

Agradecemos ao grupo de pesquisa Lógica Paraconsistente e Inteligência Artificial mantido pela Universidade Paulista e conduzido pelo pesquisador Dr. Jair Minor Abe. Este estudo foi financiado, em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior Pessoal Educacional – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001.

Referências

- Abe, J. M. (1992). *Fundamentos da lógica anotada*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Filosofia. Universidade de São Paulo.
- Abe, J. M. (2015). *Sistemas paraconsistentes baseados em inteligência: Novas tendências nas aplicações de paraconsistência* (Vol. 94). Springer.
- Abe, J. M., Akama, S., & Nakamatsu, K. (2015). *Introduction to Annotated Logics* (Vol. 8). Cham: Springer International Publishing.
- Abe, J. M., Lopes, H. F. S., & Anghinah, R. (2016). Paraconsistent Neurocomputing and Biological Signals Analysis. In J. M. Abe (Ed.), *Paraconsistent Intelligent-Based Systems. Intelligent Systems Reference Library*. 94, 273-306. Cham: Springer International Publishing.
- Abe, J. M., Silva Filho, J. I., Celestino, U., & Araujo, H. C. (2011). *Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et*. Comunicar.
- Antunes, Y. R., Oliveira, E. M., Pereira, L. A., & Picanço, M. F. P. (2021, dezembro). Diabetes Mellitus Tipo 2: A importância do diagnóstico precoce da diabetes. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), 116526-116551. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/index.php/BRJD/article/view/41218>
- Blick, K. E. (1997). Sistemas informáticos laboratoriais de tomada de decisão como ferramentas essenciais para o alcance da qualidade total. *Química Clínica*, 43 (5), 908-912.
- Brutti, B., Flores, J., Hermes, J., Martelli, G., Porto, D. S., & Anversa, E. T. R. (2019, julho/agosto). Diabete Mellitus: definição, diagnóstico, tratamento e mortalidade no Brasil, Rio Grande do Sul e Santa Maria, no período de 2010 a 2014. *Brazilian Journal of Health Review*, 2(4), 3174-3182. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/2172/2203>
- Carvalho, F. R., & Abe, J. M. (2011). *Tomadas de decisão com ferramentas da lógica paraconsistente anotada – Método Paraconsistente de Decisão – MPD*. São Paulo: Blücher, 2011.
- Cobas, R. (2015, outubro/dezembro). Diabetes: recordando uma história. *Revista do Hospital Universitário Pedro Ernesto*, 14 (4), 35-36. <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistahupe/article/view/20069>
- Dill, R. P., Costa Jr., N., & Santos, A. A. P. (2014). Corporate Profitability Analysis: A Novel Application for Paraconsistent Logic. *Applied Mathematical Sciences*.
- Fiocruz. (2021). *Diabetes*. <https://portal.fiocruz.br/diabetes>
- Ministério da Saúde. (2006). *Diabetes Mellitus*. https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diabetes_mellitus.PDF
- Ministério da Saúde. (2023). *Diabetes*. <https://bvsmms.saude.gov.br/diabetes>
- Nakamatsu, K., & Abe, J. M. (2009). The development of paraconsistent annotated logic programs. *International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems*, 1 (1/2), 92.

Orozco, L. B., & Alves, S. H. S. (2017). Diferenças do autocuidado entre pacientes com Diabetes Mellitus Tipo 1 e 2. *Psicologia, Saúde e Doenças*, 18, (1), 234-247. <https://www.redalyc.org/pdf/362/36250481019.pdf>

Silva Filho, J. I., Abe, J. M., & Lambert-Torres, G. (2008). *Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes*. LTC.

Souza, S., & Abe, J. M. (2015). Paraconsistent Artificial Neural Networks and Aspects of Pattern Recognition. In J. M. Abe (Ed.), *Paraconsistent Intelligent-Based Systems. Intelligent Systems Reference Library*. 94, 207-231. Cham: Springer International Publishing.

Torres, C. R., & Reis, R. (2015). The New Hardware Structure of the Emmy II Robot. In J. M. Abe (Ed.), *Paraconsistent Intelligent-Based Systems. Intelligent Systems Reference Library*. 94, 87-103. Springer International Publishing.

Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. Bookman.