

Inclusão financeira dos países que desenvolvem *Central Bank Digital Currency* por meio da técnica de clusterização

Magali Susana Chalela^{1*}

Anna Carolina Martins²

¹Especialista em Data Science e Analytics. Gestora tributária. Banco Bradesco, Cidade de Deus, s/n, 06029-900, Vila Yara, Osasco, SP, Brasil.

²Doutora em Economia. Professora orientadora. Rua Cezira Giovanoni Moretti, 580, Santa Rosa, 13414-157, Piracicaba, São Paulo.

*autora correspondente: magali.chalela@gmail.com

O Banco de Compensações Internacionais (BIS)^[1] emitiu um relatório em 2022, no qual destacou que mais de 90% dos bancos centrais, que representam 82% da população mundial e 94% de toda a capacidade econômica global, desenvolvem ou estudam projetos de *Central Bank Digital Currency* (CBDC). Segundo Tan^[2], CBDC são moedas digitais emitidas e regulamentadas por bancos centrais. Ao contrário das criptomoedas tradicionais, que operam em um sistema descentralizado, as moedas digitais fiduciárias apresentam centralização e contam com o respaldo e a confiança do governo emissor^[3].

Cernev e Diniz^[4] destacam que o CBDC representa um instrumento de pagamento seguro e faz parte da base monetária do país. Em outras palavras, de responsabilidade do banco central, trata-se de uma moeda fiduciária que pode ser armazenada ou transferida por diferentes sistemas e serviços de pagamento digital. Atualmente, quatro nações já lançaram suas próprias moedas digitais CBDC (Nigéria - e-Naira; Jamaica - JAM-DEX; Bahamas - Sand Dollar e Zimbabué - ZiG), 24 países estão em fase de piloto, 20 em prova de conceito, e mais de 90 em fase de pesquisa, como mostra a *CBDC Tracker*^[5] organização não governamental que compila em tempo real as informações dos países que desenvolvem CBDC.

O BIS^[1] projeta que, até 2030, o mundo contará com ao menos 24 CBDCs em funcionamento. Destas, 15 serão voltadas para o varejo - destinadas a pessoas e empresas nas transações do dia a dia - e nove para o atacado - focadas em transações entre bancos e outras instituições financeiras.

O interesse em CBDCs aumentou significativamente nos últimos anos, impulsionado por avanços tecnológicos e pela pandemia de covid-19, que acelerou a digitalização dos pagamentos. Nesse contexto, o BIS^[6] realizou em 2020 uma pesquisa com 66 bancos centrais e constatou que países com economias em desenvolvimento, como Brasil, Argentina, África do

Sul e China, esperam aumentar a inclusão financeira ao desenvolver uma CBDC. A Figura 1 apresenta uma visão com o mapa de países que desenvolvem CBDCs:

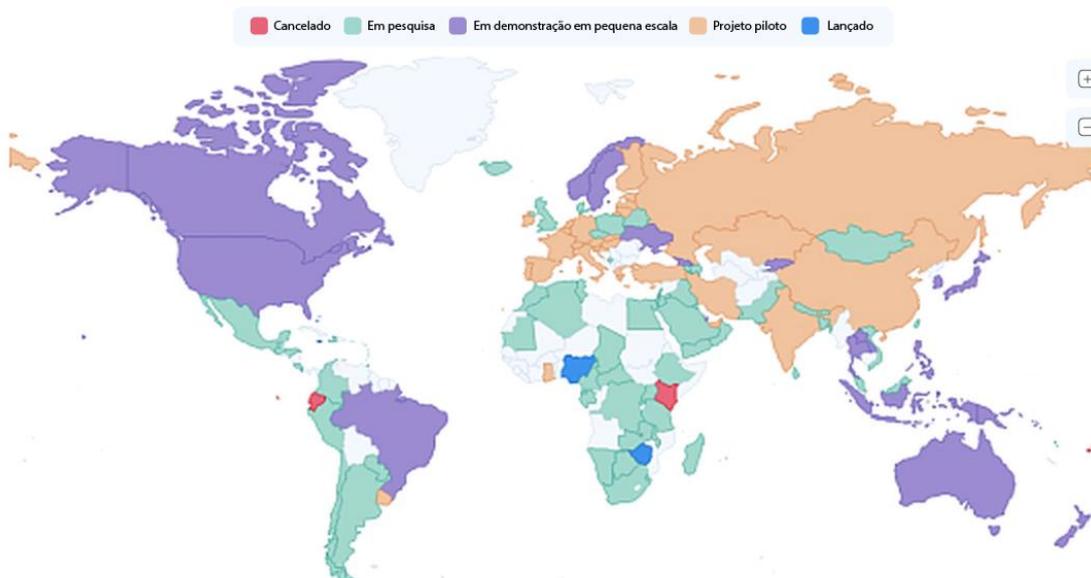


Figura 1: Países que desenvolvem CBDCs
 Fonte: CBDC Tracker^[5].

A inclusão financeira, conforme definida pelo Banco Mundial^[7], significa que indivíduos e empresas têm acesso a produtos e serviços financeiros úteis e acessíveis que atendem às suas necessidades, como transações, pagamentos, poupança, crédito e seguros, oferecidos de forma responsável e sustentável.

Na declaração final do fórum internacional de cooperação econômica G20^[8], realizada no Rio de Janeiro em novembro de 2024, reconheceu-se a infraestrutura pública digital como base para uma transformação digital equitativa e o poder transformador das tecnologias para reduzir divisões sociais e empoderar indivíduos em situações de vulnerabilidade. Iniciativas como o Pix e o Drex foram destacadas como ferramentas para ampliar o acesso a serviços financeiros, especialmente em países em desenvolvimento.

Diferentes estudos apontam a inclusão financeira como uma variável relevante para o desenvolvimento econômico de diversos países^[9]. Ela é comumente medida pelo acesso e uso de serviços financeiros por meio de contas em bancos ou instituições financeiras. Segundo essa métrica, cerca de 31% da população adulta mundial não possui conta bancária nem acesso a serviços financeiros formais. Isso representa aproximadamente 1,7 bilhão de pessoas — ou um quarto da população global, conforme dados do Banco Mundial^[10].

De acordo com algumas análises, as CBDCs podem servir como porta de entrada para indivíduos não bancarizados e sub-bancarizados acessarem sistemas de pagamento eletrônicos e, potencialmente, outros produtos e serviços financeiros^[11].

Ademais, segundo o relatório “CBDC: expandindo a inclusão financeira ou aprofundando a exclusão?”^[12], formuladores de políticas ao redor do mundo têm explorado as CBDCs por seu potencial de atuar como bem público, que atende ao interesse coletivo tanto como dinheiro emitido pelo banco central quanto como tecnologia financeira cuja infraestrutura é mantida por uma entidade estatal.

O relatório destaca que a CBDC de varejo é a única forma de dinheiro digital acessível ao usuário comum e que constitui um passivo do banco central. Por essas características, muitos acreditam que a CBDC pode promover a inclusão financeira. No entanto, poucos ofereceram insights práticos sobre como isso ocorre, especialmente para os não bancarizados. Para as autoras do relatório^[12] somente após a análise das opções de design e políticas é possível avaliar a viabilidade econômica de emitir uma CBDC com essa finalidade.

Dada a complexidade dos temas relacionados à CBDC e à inclusão financeira, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise exploratória para averiguar se a CBDC pode ser uma estratégia eficaz de política pública para ampliar a inclusão financeira em países com baixos índices. Para tanto, adotou-se o indicador de inclusão financeira divulgado pelo *Centre for Economics and Business Research* (Cebr), instituição mundialmente reconhecida pela seriedade de suas publicações econômicas. Essa métrica avalia a inclusão financeira de uma forma abrangente, baseada em dados de mercado combinados a pesquisas globais junto a consumidores e empresários.

A inclusão financeira foi mensurada pelo Cebr em 42 países, com base em indicadores divididos em três pilares: governo, sistema financeiro e apoio ao empregador. A cada país foi atribuída uma nota que varia de 0 (ausência de inclusão financeira) a 100 (nível ótimo), conforme consta no relatório *Global Financial Inclusion Index 2023*^[13]. O pilar governo foi ponderado por seis variáveis: (1) pensões, (2) proteção dos depósitos e dos consumidores, (3) nível de emprego, (4) nível de educação, (5) nível de alfabetização financeira e (6) conectividade da população. Para isso, foram utilizados dados extraídos do *Mercer CFA Institute Global Pension Index*, do *IMF Deposit Insurance Database*, da *Cebr Global Survey of Business Management Teams*, do *OECD Programme For International Student Assessment Scores* e do *World Bank*, de acordo com o relatório *Global Financial Inclusion Index* de 2023^[13].

No pilar do sistema financeiro, foram consideradas as seguintes variáveis: (1) disponibilidade e aceitação de produtos, serviços e educação financeira; (2) quantidade de contas bancárias; (3) níveis de acesso ao crédito; (4) tecnologia financeira; (5) uso de pagamentos em tempo real; (6) confiança nos serviços financeiros; e (7) presença e qualidade das fintechs. Os dados utilizados para compor essas variáveis foram extraídos do *World Economic Forum Global Competitiveness Index*, da *Cebr Global Survey of Business Management Teams*, do *World Bank* e do *Findexable Global FinTech Ranking*”, conforme consta no relatório *Global Financial Inclusion Index* de 2023^[13].

Por fim, o pilar de apoio do empregador aos empregados considera as variáveis: (1) contribuições previdenciárias, (2) seguros e (3) orientação financeira disponibilizada, com base nos dados do *Cebr Global Survey of Business Management Teams*, de acordo com o relatório *Global Financial Inclusion Index* de 2023^[13].

Banco de dados

O banco de dados deste estudo foi composto pelos 42 países avaliados pelo indicador global de inclusão financeira do Cebr, a saber: Singapura, Hong Kong, Suíça, Estados Unidos da América, Suécia, Dinamarca, Reino Unido, Noruega, Austrália, Tailândia, Finlândia, Holanda, Coreia do Sul, Canada, Israel, Nova Zelândia, Vietnã, Malásia, China, Taiwan, Brasil, Alemanha, Irlanda, Emirados Árabes, França, Índia, Japão, Polônia, Espanha, Indonésia, Turquia, Quênia, Chile, Arábia Saudita, México, África do Sul, Itália, Peru, Colômbia, Nigéria, Gana e Argentina.

Ademais, com base nas informações dos países consultados no *CBDC Tracker* em outubro de 2023^[5], foram selecionados aqueles cujo estágio de desenvolvimento de CBDC está categorizado como pesquisa, projeto-piloto, prova de conceito ou lançados.

Desta forma, o presente estudo não inclui países que tenham cancelado projetos de CBDC ou que não apresentem desenvolvimento nessa área, pois o objetivo é avaliar a inclusão financeira apenas em países com estágios mais avançados de desenvolvimento de CBDC.

Após a aplicação desses dois critérios, obteve-se um banco de dados com 36 países categorizados como “projeto em pesquisa” (PESQ.); “projeto-piloto” (PP); “prova de conceito” (PC) e “lançados” (LAN), conforme a Tabela 1, que apresenta, por país, o nome da moeda e o estágio de desenvolvimento da CBDC bem como a nota total do índice de inclusão financeira divulgado pelo Cebr:

Tabela 1. Países que figuram no índice Cebr e desenvolvem CBDC

País	Nome da CBDC⁵	Estágio da CBDC⁵	Nota de inclusão financeira
Singapura	Project Unib+	PP ¹	73,9
Hong Kong	e-HKD	PC ²	71,09
Suíça	Helvetia	PP ¹	68,43
EUA	Project Hamilton	PC ²	66,21
Suécia	E-Krona	PC ²	65,47
Dinamarca	Denmark CBDC	PESQ. ³	65,25
Reino Unido	United Kingdom CBDC	PESQ. ³	60,82
Noruega	Norway CBDC	PC ²	59,42
Austrália	EAUD (wholesale)	PC ²	58,88
Tailândia	Thailand CBDC	PC ²	58,79
Coreia do Sul	South Coreia CBDC	PC ²	55,06
Canadá	Jspcr-Ubin	PC ²	53,8
Israel	e-shekel	PC ²	53,71
Nova Zelândia	New Zealand CBDC	PC ²	53,59
Vietnã	Vietnam CBDC	PESQ. ³	53,11
Malásia	E-ringgit	PC ²	52,84
China	mBridge	PP ¹	51,53
Taiwan	Taiwan CBDC	PESQ. ³	49,35
Brasil	DREX	PC ²	47,63
Emirados Árabes	mBridge	PP ¹	46,83
França	French Wholesale CBDC	PP ¹	45,39
Índia	Digital Rupee	PP ¹	45,19
Japão	Digital Yen	PC ²	43,16
Polônia	Digital zloty	PESQ. ³	42,09
Espanha	Spanish Wholesale	PESQ. ³	41,43
Indonésia	Digital Rupiah	PESQ. ³	41,35
Turquia	Digital Lira	PC ²	40,93
Chile	Chile CBDC	PESQ. ³	38,91
Arábia Saudita	Aber	PP ¹	38,1
México	MDBC	PESQ. ³	37,55
África do Sul	Khokha	PESQ. ³	33,1
Peru	Peru CBDC	PESQ. ³	31,39
Colômbia	Colombia CBDC	PESQ. ³	30,19
Nigéria	e-Naira	LAN ⁴	29,56
Gana	E-cedi	PP ¹	24,85
Argentina	Digital Peso	PESQ. ³	23,86

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PP: Projeto-piloto; ²PC: Prova de conceito; ³PESQ: Projeto em pesquisa; ⁴LAN: Lançados; ⁵CBDC: *Central Bank Digital Currency*.

Os países que constam no índice de inclusão financeira analisados, mas que não foram estudados por cancelarem a pesquisa de CBDC ou por não apresentarem interesse no desenvolvimento da ferramenta, são: Finlândia, Kenya, Holanda, Alemanha, Irlanda e Itália. No Quadro 1, encontram-se as variáveis selecionadas para a aplicação do estudo.

Quadro 1. Descrição das variáveis presentes no banco de dados

Métricas	Tipo	Descrição
Governo	Numérico	Avalia o grau em que cada governo promove a inclusão financeira
Financeiro	Numérico	Examina a disponibilidade e uso de diversos produtos financeiros essenciais para inclusão
Empregadores	Numérico	Refere-se ao nível de suporte que os empregadores oferecem aos empregados

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Segundo Gil^[14], a técnica exploratória, adotada neste estudo, busca elaborar hipóteses, validar instrumentos e proporcionar maior familiaridade com o problema. No que tange ao procedimento técnico, a pesquisa realiza abordagem quantitativa com foco na análise de *clusters*.

Desta forma, aplicou-se a análise de agrupamentos para verificar a existência de comportamentos semelhantes entre observações em relação a determinadas variáveis e criar grupos, ou *clusters*, que apresentem homogeneidade interna^[15].

Basicamente, esta técnica de machine learning não supervisionada não depende da rotulação dos dados, ou seja, não depende do julgamento humano sobre as características dos dados, o modelo objetiva identificar padrões nos dados de forma sistemática e automatizada, ou seja, sem depender de soluções manuais ou improvisadas criadas caso a caso (não ad hoc)^[16]. Optou-se pela distância euclidiana, que é uma medida matemática que calcula a distância "reta" entre dois pontos em um espaço, como medida de dissimilaridade, pois atende aos pressupostos da pesquisa que, busca analisar as similaridades entre as observações em cada *cluster* e as diferenças entre os grupos identificados.

Ademais, como não foi localizada na literatura uma estimativa razoável da quantidade de *clusters* a serem formados a partir das observações do banco de dados, aplicou-se previamente ao *K-means* o método hierárquico para explorar diferentes possibilidades de alocação e definir uma quantidade adequada de *clusters* com base nos estágios de agrupamento. Posteriormente, foi aplicado o método de aglomeração não hierárquico *K-means*, que utiliza

centros de aglomeração previamente definidos, a partir dos quais as observações são alocadas conforme a proximidade^[17].

Trata-se de um método não hierárquico, caracterizado pela formação de K grupos, em que K corresponde à quantidade de agrupamentos previamente definida. Como nem todos os valores de K produzem resultados satisfatórios, é fundamental aplicar o método com diferentes valores, a fim de identificar a solução com melhor interpretação dos grupos^[18]. O desenvolvimento desta pesquisa exigiu o uso da linguagem de programação R, que é funcional, orientada a objetos e voltada à manipulação, transformação, análise e visualização de dados.

O método de encadeamento escolhido foi o completo (*furthest neighbor*)^[15], que privilegia as maiores distâncias entre as observações ou grupos na formação de novos agrupamentos. A escolha se justifica pelas análises realizadas no software R, as quais indicaram ausência de afastamentos significativos entre as observações (países) e a necessidade de identificar heterogeneidades entre elas.

Os métodos *single* e *average*^[15] também foram testados, porém o método completo apresentou a melhor distribuição para a formação dos *clusters*, razão pela qual foi adotado neste estudo. Além disso, como todos os fatores que compõem o índice de inclusão financeira possuem valores na mesma unidade de medida (notas de 0 a 100), não se aplicou a padronização pelo procedimento *Z-scores*, um dos métodos mais utilizados para esse fim, segundo a literatura especializada.

Construiu-se um gráfico em formato de árvore, conhecido como dendrograma, para ilustrar o passo a passo dos agrupamentos e facilitar a visualização da alocação de cada observação em cada estágio. Após concluir esse procedimento, foi verificada se a variabilidade entre os *clusters* é significativamente superior à variabilidade interna de cada *cluster*. Para tanto, aplicou-se o teste F da análise de variância de um fator (em inglês, *one-way analysis of variance* ou *one-way ANOVA*), que permite realizar essa análise. Suas hipóteses nulas e alternativa estão definidas na Quadro 2.

Quadro 2. Teste F da análise de variância (ANOVA)

Hipóteses	Variável
H0	A variável em análise apresenta a mesma média em todos os grupos formados
H1	A variável em análise apresenta média diferente em pelo menos um dos grupos em relação aos demais

Fonte: Elaboração própria a partir de informações contidas na obra de Favero e Belviore^[15].

Os critérios para interpretação do teste F da análise de variância estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Critérios de interpretação do teste F

Estatística	Descrição
Mean Sq do <i>cluster_H</i>	Variabilidade entre os grupos formados
Mean Sq dos Residuals	Variabilidade dentro dos grupos (interna a cada <i>cluster</i>)
F value	Estatística de teste (Sum Sq do <i>cluster_H</i> dividido pelo Sum Sq dos Residuals)
Pr(>F)	P-valor da estatística
p-valor < 0.05	Pelo menos um <i>cluster</i> apresenta média estatisticamente diferente dos demais

Fonte: Elaboração própria a partir de informações contidas na obra de Favero e Belviore^[15].

No processo de aglomeração não hierárquico *K-means*, utilizou-se o resultado do método hierárquico aglomerativo para definir os centros iniciais, a partir dos quais as observações foram alocadas conforme a proximidade. Para identificar o número ótimo de *clusters*, aplicou-se o método *Elbow*^[15], que avalia a variação total dentro dos *clusters* para diferentes números de grupos.

Este método é uma técnica para encontrar o valor ideal do parâmetro k de um algoritmo *K-means* ou *K-Modes* e considera como ideal o valor de k quando o aumento no número de *clusters* não representa um valor significativo de ganho^[19]. Segundo Tusseviana^[20], o cotovelo é considerado o ponto em que a variância cumulativa explicada se aplanar. Após a conclusão desse procedimento, aplicou-se o teste F da análise de variância de um fator sobre os valores das três variáveis métricas estudadas.

Das estatísticas descritivas obtidas do banco de dados em estudo, constatou-se que a variável “empregadores”, que avalia a disponibilidade e o impacto dos programas oferecidos pelo empregador para melhorar o bem-estar financeiro e a inclusão dos funcionários em várias dimensões, como contribuições previdenciárias, programas de seguro e orientação financeira, destaca-se por apresentar a nota mais alta (87,54) e a mais baixa (9,82) dentre os 36 países estudados.

Já a variável “financeiro”, que analisa a disponibilidade e a aceitação de vários produtos, serviços e educação financeiros, com base em dados sobre o acesso a contas bancárias e crédito, maturação da tecnologia financeira e uso de pagamentos em tempo real, e a variável “governo”, que examina o grau em que os governos promovem e possibilitam a inclusão financeira, apresentam notas máximas semelhantes, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Estatísticas descritivas do banco de dados

Estatísticas	Governo	Financeiro	Empregadores
Min.¹	23,32	11,18	9,82
1st Qu.²	40,49	31,23	44,28
Median³	51,78	45,31	56,04
Mean⁴	50,07	45,92	54,93
3rd Qu.⁵	57,91	63,45	68,66
Max.⁶	75,32	77,42	87,54

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹Min.: Valor mínimo, o menor valor observado no conjunto de dados; ²1st Qu: Primeiro quartil; ³Median: Mediana; ⁴Mean: Média; ⁵3rd Qu.: Terceiro quartil; ⁶Max.: Valor máximo, o maior valor observado no conjunto de dados.

Da análise do *boxplot* por variável gerado, verifica-se que não há necessidade de realizar padronização pelo critério do Z-score, uma vez que as notas das três variáveis de inclusão financeira variam de 0 a 100, como demonstra a Figura 2.

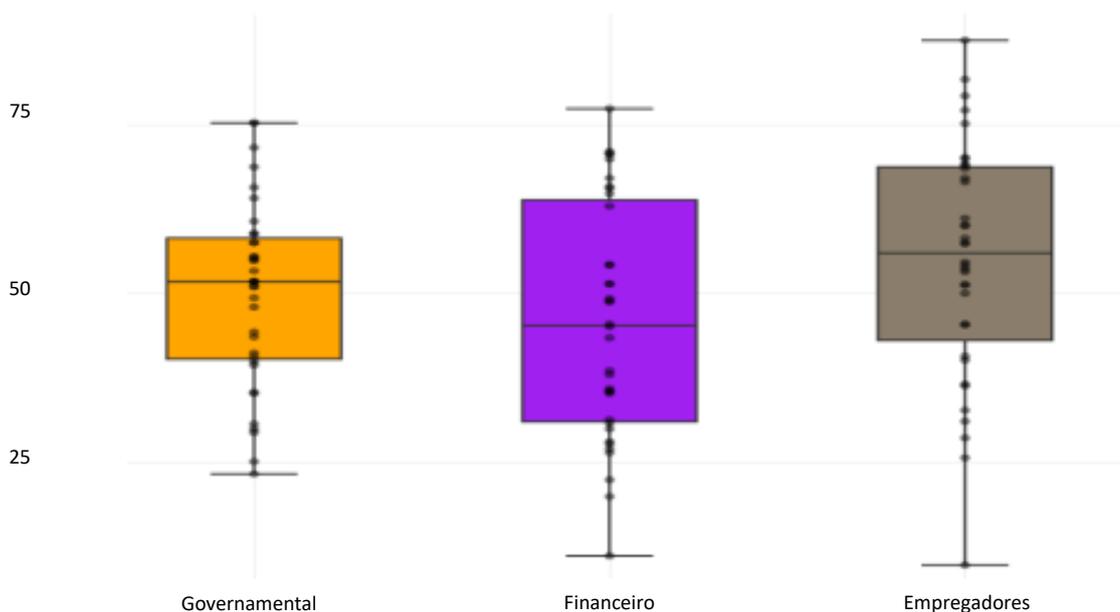


Figura 2. Boxplots por variável

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Para fins de análise das distribuições das observações, foi gerado dendrograma, conforme é apresentado na Figura 3.

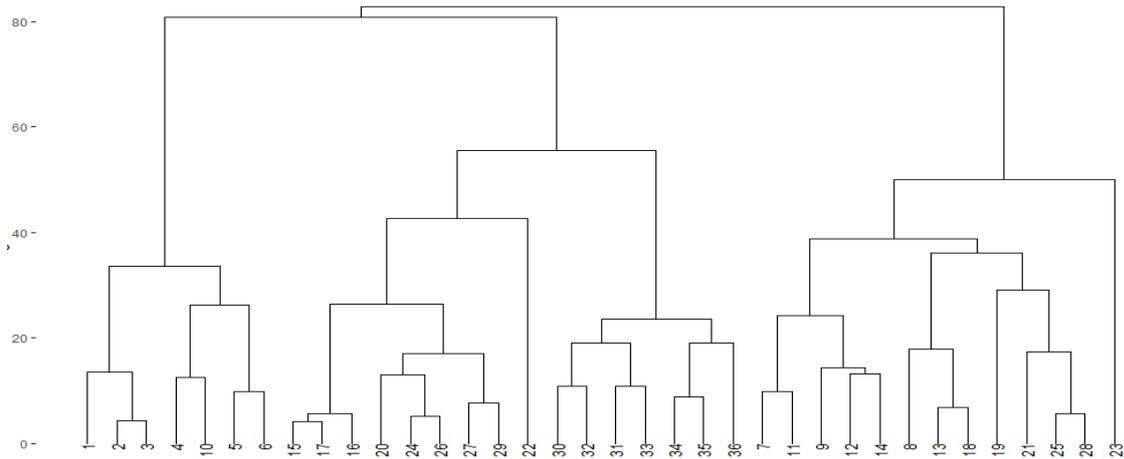


Figura 3. Dendrograma
 Fonte: Resultados originais da pesquisa.

De forma a evitar saltos muito pronunciados, que poderiam agrupar observações muito distintas entre si em um mesmo *cluster*, foi gerado um dendrograma com aplicação da técnica aglomerativa na altura entre 40 e 45, o que resultou em cinco *clusters*, conforme Figura 4.

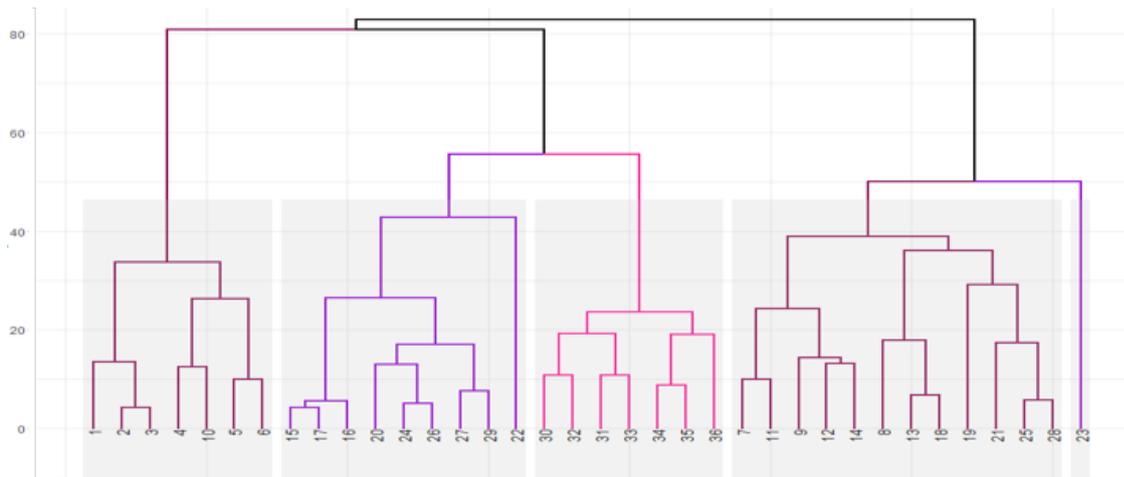


Figura 4. Dendrograma com visualização de *clusters*
 Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Na sequência, foi criada uma variável categórica para indicar o *cluster* no banco de dados e gerou-se a base de dados com a alocação das 36 observações em cinco *clusters*, como exposto na Quadro 4.

Quadro 4. Aglomeração hierárquica e método de encadeamento completo

<i>Cluster</i>	Países
1	Singapura, Hong Kong, Suíça, EUA, Suécia, Dinamarca e Tailândia
2	Reino Unido, Noruega, Austrália, Coreia do Sul, Canadá, Israel, Nova Zelândia, Taiwan, Brasil, França, Espanha e Chile
3	Vietnã, Malásia, China, Emirados Árabes, Índia, Polônia, Indonésia, Turquia e Arábia Saudita
4	Japão
5	México, África do Sul, Peru, Colômbia, Nigéria, Gana e Argentina

Fonte: Dados originais da pesquisa.

O *cluster* 1 foi formado por sete países que estão entre os 10 melhores no ranking de inclusão financeira, conforme Tabela 3.

Tabela 3. *Cluster* 1 - aglomeração hierárquica

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Singapura	PP ¹	73,9	1	75,32	70,74	81,75
Hong Kong	PC ²	71,09	2	75,30	67,12	69,97
Suíça	PP ¹	68,43	3	71,65	64,82	70,20
EUA	PC ²	66,21	4	54,91	77,42	66,57
Suécia	PC ²	65,47	5	64,16	69,94	51,28
Dinamarca	PESQ. ³	65,25	6	65,75	65,88	60,19
Tailândia	PC ²	58,79	10	44,32	71,10	68,53

Fonte: Dados originais da pesquisa.

Nota. ¹PP: Projeto-piloto; ²PC: Prova de conceito; ³PESQ: Projeto em pesquisa.

Em termos de CBDC, quatro países do *cluster* 1 (Hong Kong, EUA, Suécia e Tailândia) estão em estágio de prova de conceito de suas moedas digitais, o que sugere que priorizam utilizar a ferramenta como componente para ampliar ainda mais a inclusão financeira e, conseqüentemente, melhorar o desenvolvimento econômico.

O *cluster* 2 foi formado por 12 países que, em sua maioria, apresentam notas médias para as variáveis que compõem o indicador de inclusão financeira. Ademais, destaca-se que sete países desse *cluster* estão em estágio de prova de conceito de CBDC, conforme Tabela 4 abaixo.

Tabela 4. Cluster 2 - aglomeração hierárquica

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Reino Unido	PESQ. ¹	60,82	7	57,56	70,68	31,12
Noruega	PC ²	59,42	8	68,78	51,43	53,27
Austrália	PC ²	58,88	9	58,94	62,99	40,18
Coreia do Sul	PC ²	55,06	13	51,03	65,61	25,71
Canadá	PC ²	53,80	14	58,85	54,33	28,66
Israel	PC ²	53,71	15	57,59	48,82	58,24
Nova Zelândia	PC ²	53,59	16	60,73	49,3	40,76
Taiwan	PESQ. ¹	49,35	20	53,40	43,48	57,54
Brasil	PC ²	47,63	21	39,45	54,24	54,66
França	PP ³	45,39	25	55,54	35,24	45,45
Espanha	PESQ. ¹	41,43	29	48,04	35,95	36,36
Chile	PESQ. ¹	38,91	33	43,63	35,57	32,75

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PESQ: Projeto em pesquisa; ²PC: Prova de conceito; ³PP: Projeto-piloto.

O *cluster 3* foi formado por nove países que apresentam desempenho fraco nas variáveis “governo” e “financeiro”, mas notas acima da média no indicador “empregadores”. Em termos de CBDC, a maior parte dos países está em projetos-piloto ou em pesquisa., como exposto na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5. Cluster 3 - aglomeração hierárquica

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Vietnã	PESQ. ¹	53,11	17	55,37	45,5	77,18
Malásia	PC ²	52,84	18	51,8	48,92	75,19
China	PP ³	51,53	19	51,77	45,13	79,30
Emirados Árabes	PP ³	46,83	24	51,11	38,03	67,14
Índia	PP ³	45,19	26	29,46	51,5	87,54
Polônia	PESQ. ¹	42,09	28	49,4	30,79	60,04
Indonésia	PESQ. ¹	41,35	30	51,86	26,45	61,15
Turquia	PC ²	40,93	31	39,99	35,6	69,14
Arábia Saudita	PP ³	38,1	34	41,22	28,11	69,05

Fonte: Dados originais da pesquisa.

Nota. ¹PESQ: Projeto em pesquisa; ²PC: Prova de conceito; ³PP: Projeto-piloto.

O *cluster 4* foi formado apenas por um país, o Japão, que apresenta nota ligeiramente acima da média para a variável “governo” e baixa para os indicadores “financeiro” e “empregadores”, e encontra-se em estágio de prova de conceito de CBDC, como pode ser verificado da Tabela 6 abaixo.

Tabela 6. Cluster 4 - aglomeração hierárquica

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Japão	PC ¹	43,16	27	55,11	38,62	9,82

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PC: Prova de conceito.

O *cluster 5* foi formado por sete países que apresentam notas fracas para as variáveis “financeiro” e “governo”, e, em sua maioria, notas medianas para o indicador “empregadores”. Projetos de pesquisa de CBDC são predominantes neste *cluster*, como consta na Tabela 7.

Tabela 7. *Cluster 5* - Aglomeração hierárquica

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
México	PESQ. ¹	37,55	35	40,66	31,37	51,37
África do Sul	PESQ. ¹	33,1	36	35,43	29,98	36,63
Peru	PESQ. ¹	31,39	38	35,25	22,46	54,23
Colômbia	PESQ. ¹	30,19	39	29,97	27,03	45,45
Nigéria	LAN ²	29,56	40	25,15	27,77	57,42
Gana	PP ³	24,85	41	23,32	19,97	53,68
Argentina	PESQ. ¹	23,86	42	30,72	11,18	50,08

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PESQ: Projeto em pesquisa; ²LAN: Lançados; ³PP: Projeto-piloto.

Por fim, foi realizada a análise de variância de um fator (ANOVA) das três variáveis que compõem o índice de inclusão financeira, e constatou-se que todas apresentam p-valor menor que 0,05. Isso indica que os *clusters* contêm observações muito similares dentro de cada grupo. O indicador mais significativo entre os grupos foi o financeiro, com F valor de 23,43, como consta na Tabela 8.

Tabela 8. Método de aglomeração hierárquico (ANOVA)

Variável	Valor de F	p-valor (Pr (>F))
Governo	14,45	9,173e-07 *** ¹
Financeiro	23,43	5,39e-09 *** ²
Empregadores	20,44	2,48e-08 *** ³

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹O p-valor é 0,0000009173, ou seja, altamente significativo; ²O p-valor é 0,0000000539, ou seja, altamente significativo; ³O p-valor é 0,000000248, ou seja, altamente significativo; ***: p < 0,001.

Ou seja, o acesso a contas bancárias e a empréstimos com facilidade, o desenvolvimento e a maturidade das fintechs, o uso de ferramentas para pagamento instantâneo, a confiança no setor financeiro, dentre outros, são elementos que compõem a variável financeiro e que, estatisticamente, têm um efeito significativo na análise da inclusão financeira.

Após a realização do método de aglomeração hierárquico, foi utilizado o output de cinco *clusters* no método de aglomeração não hierárquico *K-means*. Em seguida, aplicou-se o método de *Elbow* para identificar o número ótimo de *clusters*. Observou-se que, após o valor de cinco, ocorre uma queda expressiva na melhoria do agrupamento, como consta na Figura 5.

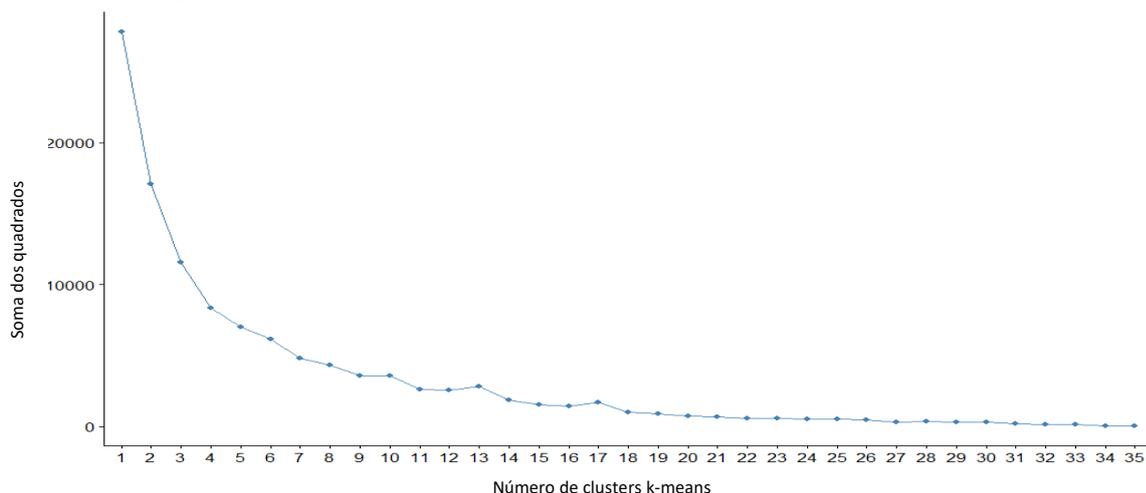


Figura 5. Método de aglomeração não hierárquica *K-means*

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Na sequência, foi elaborada a *clusterização* não hierárquica *K-means* com o parâmetro de cinco centros para essa função, o que resultou nos *clusters* descritos no Quadro 5.

Quadro 5. *K-means* e método de encadeamento completo

<i>Cluster</i>	Países
1	França, Espanha, Chile, México, África do Sul, Peru, Colômbia, Nigéria, Gana e Argentina
2	Israel, Vietnã, Malásia, China, Taiwan, Emirados Árabes, Polônia, Indonésia, Turquia, Arábia Saudita
3	Reino Unido, Austrália, Coreia do Sul, Canadá, Nova Zelândia e Japão
4	Singapura, Hong Kong, Suíça, Dinamarca e Noruega
5	Tailândia, Brasil e Índia

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

O *cluster* 1 foi formado por dez países que, em sua maioria, estão posicionados nas últimas posições do ranking geral do indicador de inclusão financeira, conforme Tabela 9.

Tabela 9. *Cluster* 1 - *K-means*

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
França	PP ¹	45,39	25	55,54	35,24	45,45
Espanha	PESQ. ²	41,43	29	48,04	35,95	36,36
Chile	PESQ. ²	38,91	33	43,63	35,57	32,75
México	PESQ. ²	37,55	35	40,66	31,37	51,37
África do Sul	PESQ. ²	33,1	36	35,43	29,98	36,63
Peru	PESQ. ²	31,39	38	35,25	22,46	54,23
Colômbia	PESQ. ²	30,19	39	29,97	27,03	45,45
Nigéria	LAN ³	29,56	40	25,15	27,77	57,42
Gana	PP ¹	24,85	41	23,32	19,97	53,68
Argentina	PESQ. ²	23,86	42	30,72	11,18	50,08

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PP: Projeto-piloto; ²PESQ: Projeto em pesquisa; ³LAN: Lançados.

Interessante notar que sete países do *Cluster 1* estão em estágio de pesquisa no desenvolvimento de CBDC, o que poderá melhorar a variável financeiro e, por sua vez, o índice de inclusão financeira, diretamente ligado ao desenvolvimento da economia.

O *cluster 2* foi formado por dez países que, em sua maioria, apresentam notas medianas para as três variáveis estudadas. Destaca-se que três países (Israel, Malásia e Turquia) estão na fase de prova de conceito de CBDC, conforme Tabela 10.

Tabela 10. *Cluster 2 - K-means*

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Israel	PC ¹	53,71	15	57,59	48,82	58,24
Vietnã	PESQ. ²	53,11	17	55,37	45,50	77,18
Malásia	PC ¹	52,84	18	51,8	48,92	75,19
China	PP ³	51,53	19	51,77	45,13	79,30
Taiwan	PESQ. ²	49,35	20	53,40	43,48	57,54
Emirados Árabes	PP ³	46,83	24	51,11	38,03	67,14
Polônia	PESQ. ²	42,09	28	49,40	30,79	60,04
Indonésia	PESQ. ²	41,35	30	51,86	26,45	61,15
Turquia	PC ¹	40,93	31	39,99	35,60	69,14
Arábia Saudita	PP ³	38,10	34	41,22	28,11	69,05

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PC: Prova de conceito; ²PESQ: Projeto em pesquisa; ³PP: Projeto-piloto.

O *cluster 3* foi formado por seis países que apresentam desempenho médio nas variáveis “governo” e “financeiro”, e desempenho bastante fraco no indicador “empregadores”, como consta na Tabela 11. Este *cluster* inclui cinco países com CBDCs em estágio de prova de conceito.

Tabela 11. *Cluster 3 - K-means*

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Reino Unido	PESQ. ¹	60,82	7	57,56	70,68	31,12
Austrália	PC ²	58,88	9	58,94	62,99	40,18
Coreia do Sul	PC ²	55,06	13	51,03	65,61	25,71
Canadá	PC ²	53,80	14	58,85	54,33	28,66
Nova Zelândia	PC ²	53,59	16	60,73	49,30	40,76
Japão	PC ²	43,16	27	55,11	38,62	9,82

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PESQ: Projeto em pesquisa; ²PC: Prova de conceito.

O *cluster 4* foi formado por sete países que figuram entre os melhores no ranking de inclusão financeira, dos quais quatro possuem CBDCs em estágio de prova de conceito, conforme Tabela 12.

Tabela 12. Cluster 4 - K-means

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Singapura	PP ¹	73,90	1	75,32	70,74	81,75
Hong Kong	PC ²	71,09	2	75,30	67,12	69,97
Suíça	PP ¹	68,43	3	71,65	64,82	70,20
EUA	PC ²	66,21	4	54,91	77,42	66,57
Suécia	PC ²	65,47	5	64,16	69,94	51,28
Dinamarca	PESQ. ³	65,25	6	65,75	65,88	60,19
Noruega	PC ²	59,42	8	68,78	51,43	53,27

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PP: Projeto-piloto; ²PC: Prova de conceito; ³PESQ: Projeto em pesquisa.

O *cluster* 5 foi formado por três países que apresentam notas baixas para a variável “governo” e notas consideráveis para os indicadores financeiro e “empregadores”, como consta na Tabela 13.

Tabela 13. Cluster 5 - K-means

País	Estágio	Inclusão	Ranking	Governo	Financeiro	Empregadores
Tailândia	PC ¹	58,79	10	44,32	71,10	68,53
Brasil	PC ¹	47,63	21	39,45	54,24	54,66
Índia	PP ²	45,19	26	29,46	51,50	87,54

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹PC: Prova de conceito; ²PP: Projeto-piloto.

Conforme os outputs gerados das variáveis, verificou-se que as três apresentam p-valor menor que 0.05. Isso confirma que os *clusters* contêm observações muito similares dentro de cada grupo, conforme Tabela 14.

Tabela 14. Método K-means - ANOVA

Variável	F Value	Pr (>F)
Governamental	17,72	1,15e-07 *** ¹
Financeiro	34,99	4,39e-11 *** ²
Empregadores	17,80	1,1e-07 *** ³

Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Nota. ¹O p-valor é 0,000000115, ou seja, altamente significativo; ²O p-valor é 0,0000000000439, ou seja, altamente significativo.; ³ O p-valor é 0,00000011, ou seja, altamente significativo.

A variável mais discriminante entre os grupos, que apresentou a maior estatística F (e significativa), foi a variável financeiro, com valor F de 34,99. Isso significa que o volume de transações em tempo real, os níveis relativos de acesso ao crédito, o acesso a contas bancárias e os avanços no setor fintech, indicadores que compõem o pilar de apoio do sistema financeiro, são determinantes para mensurar a inclusão financeira dos países. Quanto maiores forem as notas dos países nesse pilar, mais eles se destacam na promoção da inclusão financeira efetiva de sua população.

Da análise comparativa dos resultados dos métodos hierárquico e não hierárquico, foram obtidas as seguintes conclusões:

- O *cluster* 1 do método hierárquico e o *cluster* 4 do método não hierárquico são compostos por países bem-posicionados no ranking da inclusão financeira, com notas expressivas nas três variáveis estudadas, o que indica que são economias maduras nesse aspecto. O uso de CBDC pode potencializar ainda mais o crescimento dessas economias.
- Os *clusters* 5 do método hierárquico e do não hierárquico apresentam países com baixa inclusão financeira, o que sugere que a estratégia de utilizar CBDC poderá alavancar suas economias, de forma que as variáveis “governo” e “financeiro” alcancem notas mais elevadas.
- Em geral, as economias desenvolvidas tendem a se agrupar em *clusters* específicos, como ocorre no *cluster* 1 do método hierárquico e no *cluster* 4 do método não hierárquico, enquanto as economias emergentes e em desenvolvimento se concentram em outros grupos, como o *cluster* 5 de ambos os métodos.
- As economias que contam com forte apoio governamental e do sistema financeiro tendem a apresentar níveis mais baixos de apoio por parte dos empregadores – e o inverso também é observado.
- A partir da análise dos *clusters* formados, verifica-se que as economias desenvolvidas, como EUA, Suíça e Suécia, tendem a apresentar notas mais elevadas nas variáveis governamental e financeiro. Por outro lado, economias emergentes, como Nigéria, Gana e Argentina, destacam-se, em geral, no indicador “empregadores”.

Este resultado sugere que, como os países em desenvolvimento têm sistemas públicos e financeiros menos estruturados, os empregadores acabam por assumir um papel mais ativo no bem-estar financeiro dos trabalhadores, por meio da oferta de benefícios como contribuições previdenciárias, seguros e orientação financeira. Já as economias mais maduras tendem a contar com forte apoio governamental e sistemas financeiros robustos, o que reduz a necessidade de intervenção direta dos empregadores. Por isso, paradoxalmente, pontuam menos nessa variável específica. Os resultados sugerem que a inclusão financeira, principalmente apoiada na variável “financeiro”, pode ser um indicador poderoso para impulsionar o desenvolvimento econômico.

Após a avaliação e interpretação dos dados coletados, foi possível perceber que os países que apresentam forte apoio do governo e do sistema financeiro formaram um *cluster* específico pelo método *K-means*, e, em sua maioria, são economias desenvolvidas, como EUA, Dinamarca, Noruega, Suíça.

Por sua vez, países emergentes, como Tailândia, Brasil e Índia, formaram outro *cluster* que se destaca pelo forte apoio dos empregadores, o que sugere baixo investimento em educação financeira e proteção ao consumidor, infraestrutura digital limitada que dificulta o acesso a serviços financeiros online, sistema financeiro menos desenvolvido, com menor acesso a crédito e contas bancárias, regulação fraca e pouca presença de fintechs.

Em termos de desenvolvimento de CBDC, os países emergentes estão, em sua maioria, em fase avançada, com moedas digitais no estágio de prova de conceito, tais como o DREX para o Brasil, CBDC Thailand para a Tailândia, E-ringgit para a Malásia e a Digital Lira para Turquia. Nesse contexto, é possível aferir que os países com deficiência nas variáveis de “governo” e “financeiro” poderão oferecer maior inclusão financeira com o lançamento de CBDC; entretanto, ainda é necessário aguardar a efetiva circulação de CBDC para avaliar o crescimento das economias.

Outro fator observado é a relevância da variável “financeiro”, que se mostrou a mais significativa tanto no método de aglomeração hierárquico quanto no método *K-means*. Isso indica que a tecnologia financeira, a confiança nos serviços financeiros, a presença de fintechs, entre outros aspectos, são importantes no cenário atual de economia digital para promover maior inclusão financeira.

Há de se ressaltar a sensibilidade dos resultados em relação aos países selecionados para o estudo, uma vez que não foram considerados países que desenvolvem CBDC, mas que não constam no índice global de inclusão financeira adotado. Cabe reforçar que, dada a multiplicidade de CBDCs em andamento, as quais têm particularidades tecnológicas específicas, a presente análise é meramente exploratória, e os resultados não implicam causalidade, mas apenas padrões observacionais.

Em suma, este estudo servirá de base para novos trabalhos que possam contribuir para aplicar a ciência de dados na análise, interpretação e agrupamento dos países que se propõem a desenvolver CBDC como estratégia eficaz de política pública para ampliar a inclusão financeira em nações com baixos índices.

COMO CITAR

Chalela, M.S.; Martins, A.C. 2025. Inclusão financeira dos países que desenvolvem *Central Bank Digital Currency* por meio da técnica de clusterização. Revista E&S, 6: e2024051.

REFERÊNCIAS

- [1] BIS. 2022. Options for access to and interoperability of CBDCs for cross-border payments. Disponível em: <https://www.bis.org/publ/othp52.htm>. Acesso em: 22 out. 2023.
- [2] Tan, B. J. 2023. IMF Working Paper. Monetary and Capital Markets Central Bank Digital Currency and Financial Inclusion.
- [3] Abreu, P.V.S. 2023 Real digital (Drex): o impacto das moedas digitais fiduciárias nas stablecoins. Revista Jus Navigandi. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/105546/real-digital-drex-o-impacto-das-moedas-digitais-fiduciarias-nas-stablecoins>. Acesso em: 13 ago. 2023.
- [4] Cernev, A.K.; Diniz, E.H. 2021. Caminhos para pagamentos digitais. GV Executivo. 20(2): 13-15. <https://doi.org/10.12660/gvexec.v20n2.2021.83950>.
- [5] CBDC Tracker. s/n. Today's Central Bank Digital Currencies Status. Disponível em: <https://cbdctracker.org/>. Acesso em: 10 out. 2023.
- [6] BIS. 2021. Ready, steady, go? Results of the third BIS survey on central bank digital currency (CBDC). Disponível em: <https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap114.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- [7] World Bank Group. 2023. Financial Inclusion Overview. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/overview>. Acesso em: 29 set. 2023.
- [8] Governo do Brasil. 2024. Declaração final do G20 exalta combate à fome, taxaço de super-ricos e mudanças na governança global. <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/11/declaracao-final-do-g20-exalta-combate-a-fome-taxacao-de-super-ricos-e-mudancas-na-governanca-global>. Acesso em: 10 julho 2025.
- [9] Beck, T.; Demircuc-Kunt, A.; Peria, M. S. M. 2007. Reaching out: Access to and use of banking services across countries. Journal of Financial Economics. 85(1) 234-266.
- [10] World Bank Group. 2025. Global Findex Database 2025. Disponível em: <https://globalfindex.worldbank.org/>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- [11] Allen, M.; Esser, A.; Cooper, B. 2019. Central Bank Digital Currency (CBDC) and financial inclusion. Cenfri. Disponível em: <https://cenfri.org/publications/central-bank-digital-currency-cbdc-and-financial-inclusion/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- [12] Narula, N.; Swartz, L.; Frizzo-Barker, J. 2023. CBDC: Expanding financial inclusion or deepening the divide? Exploring design choices that could make a difference. MIT Digital Currency Initiative & Maiden Labs. Disponível em: <https://www.dci.mit.edu/projects/cbdc-expanding-financial-inclusion-or-deepening-the-divide>. Acesso em: 22 out. 2023.
- [13] Global Financial Inclusion Index 2023. 2023. Principal Financial Group. Disponível em: secure02.principal.com/publicvsupply/GetFile?fm=WW1074&ty=VOP&_gl=1*8lh25p*_gcl_au*MTkxOTU1MjY0Ny4xNzU1NTI2NTQw*_ga*MTQ1ODI1NTgyMi4xNzU1MjY2NzAw*_ga_GP3ZP21MGH*czE3NTU3MDEzMjUkbzUkZzEkdDE3NTU3MDEzNDIkaJQzJGwWJGgw. Acesso em 20 de fev. 2024.
- [14] Gil, A.C. 2002. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ed. São Paulo, SP: Atlas.
- [15] Fávero, L.P.; Belviore, P.P. 2017. Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com excel®, SPSS e Stata. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier.
- [16] Hocking. A.; Geach. J.E.; Sun. Y.; Davey. N. 2018. An automatic taxonomy of galaxy morphology using unsupervised machine learning. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 473(1): 1108-1129. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2351>.
- [17] Johnson, R.; Wichern, D. 2002. Applied Multivariate Statistical Analysis. 4ed. New Jersey: Prentice-Hall.

[18] Bussab, W.; Miazaki, E.; Andrade, D. 1990. Introdução à análise de agrupamentos. São Paulo, SP: Associação Brasileira de Estatística.

[19] Bholowalia, P.; Kumar, A. 2014. EBK-means: A clustering technique based on elbow method and K-means in WS. International Journal of Computer Applications. 105(9): 17-24.

[20] Tussevana, M. s/d. K-means Clustering (Agrupamento K-means). Disponível em: <https://aprenderdatascience.com/K-means-clustering-agrupamento-K-means/>. Acesso em: 18 out. 2023.