



Mestrado em Análise de Dados e Sistemas de Apoio à Decisão

Relatório do Trabalho de Otimização de Redes e Redes Sociais

**Café: Redes Comerciais e o Impacto do Covid-19
(2019–2021)**

Bernardo Silva

2020112296

07 de junho de 2025, Coimbra

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 1 |
| 2. Objetivos..... | 2 |
| 3. Metodologia | 3 |
| 4. Recolha e Preparação dos Dados | 5 |
| 4.1. Tratamento de Dados..... | 5 |
| 5. Análise da Rede de Exportação de Café (2019-2021) | 7 |
| 5.1. Visualização da Rede (2019) | 7 |
| 5.1.1. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Envolvidos na Rede (2019) | 9 |
| 5.1.2. Análise de <i>Weighted Out Degree</i> – Identificação dos Países mais Exportadores. (2019) | 10 |
| 5.1.3. Análise de <i>Weighted In Degree</i> – Identificação dos Países mais Importadores. (2019)..... | 11 |
| 5.1.4. Análise de <i>Betweenness Centrality</i> – Identificação de <i>Hubs</i> (2019)..... | 13 |
| 5.2. Estatísticas da Rede..... | 14 |
| 5.3. Distribuição do Grau (2019) | 15 |
| 5.3.1. Métricas de Rede (2019) | 16 |
| 5.4. Visualização da Rede (2021) | 18 |
| 5.4.1. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Envolvidos na Rede (2021) | 19 |
| 5.4.2. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Envolvidos na Rede (2021) | 20 |
| 5.4.3. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Importadores (2021) | 22 |
| 5.4.4. Análise de <i>Betweenness Centrality</i> – Identificação de <i>Hubs</i> (2021) | 24 |
| 5.5. Distribuição do Grau (2021) | 26 |
| 5.5.1. Métricas da Rede (2021) | 27 |
| 6. Conclusão | 30 |
| 7. Referências bibliográficas..... | 32 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Grafo das exportações de café (2019) | 8 |
| Figura 2: Grafo com nodes proporcionais ao grau com label (2019) | 9 |
| Figura 3: Grafo com nós proporcionais ao weighted out-degree (Force Atlas 2) (2019) | 10 |
| Figura 4: Grafo com nós proporcionais ao weighted out-degree (Fruchterman-Reingold) (2019)..... | 11 |
| Figura 5: Grafo com nós proporcionais ao weighted in-degree (Force Atlas 2) (2019) .. | 12 |
| Figura 6: Grafo com nós proporcionais ao weighted in-degree (Fruchterman-Reingold) (2019)..... | 12 |
| Figura 7: Grafo com nós proporcionais a betweenness centrality (2019)..... | 13 |
| Figura 8: Gráfico representativo da distribuição de grau (2019)..... | 15 |
| Figura 9: Análises das Métricas (2019) | 16 |
| Figura 10: Grafo das exportações de café (2021) | 18 |
| Figura 11: Grafo com nodes proporcionais ao grau com label (2021) | 19 |
| Figura 12: Grafo com nós proporcionais ao weighted out-degree (Force Atlas 2) (2021) | 21 |
| Figura 13: Grafo com nós proporcionais ao weighted out-degree (Fruchterman-Reingold) (2021) | 21 |
| Figura 14: Grafo com nós proporcionais ao weighted in-degree (Force Atlas 2) (2021) .. | 23 |
| Figura 15: Grafo com nós proporcionais ao weighted in-degree (Fruchterman-Reingold) (2021)..... | 23 |
| Figura 16: Grafo com nós proporcionais a betweenness centrality (2021)..... | 25 |
| Figura 17: Gráfico representativo da distribuição de grau (2021)..... | 26 |
| Figura 18: Análise das Métricas (2021)..... | 27 |

1. Introdução

O café, classificado sob o código HS 0901, é um dos produtos agrícolas mais comercializados a nível mundial, com um papel de destaque nas economias de diversos países, especialmente em regiões da América Latina, África e Sudeste Asiático. Para além do seu peso económico, o café é também um bem de consumo essencial em inúmeras culturas, sendo parte integrante de cadeias de valor complexas e globalizadas.

A pandemia de COVID-19, que teve início em 2020, representou uma disrupção profunda nas dinâmicas do comércio internacional. A implementação de medidas sanitárias, restrições à mobilidade, encerramento de portos e fábricas, bem como a escassez de mão de obra e a quebra em cadeias logísticas, afetaram fortemente os fluxos comerciais globais — incluindo os de produtos agrícolas como o café. Neste contexto, torna-se pertinente compreender até que ponto a pandemia afetou a rede internacional de exportações de café, e se ocorreram alterações significativas na centralidade dos países exportadores e importadores, na estrutura dos blocos comerciais ou nas rotas de comércio dominantes.

Este trabalho, desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Otimização em Redes e Redes Sociais, tem como principal objetivo analisar e comparar a rede global de exportações de café nos anos de 2019 (cenário pré-pandemia) e 2021 (fase de reconfiguração e adaptação). Através da aplicação de técnicas de análise de redes, com recurso ao software *Gephi*, serão exploradas métricas fundamentais como a centralidade, a densidade, a modularidade e o grau de conectividade das trocas comerciais.

Pretende-se, assim, identificar transformações estruturais na rede de comércio internacional de café, destacando os países mais afetados, os que emergiram como novos *hubs* comerciais e os que perderam relevância. Esta abordagem permitirá visualizar e quantificar o impacto de um evento global disruptivo numa rede económica fortemente interligada e dependente de fluxos transnacionais estáveis.

2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a evolução da rede global de exportações de café (HS 0901), comparando a sua estrutura em dois períodos distintos: 2019 (cenário imediatamente anterior à pandemia) e 2021 (fase de adaptação e reestruturação após o impacto inicial da COVID-19). Esta abordagem pretende identificar alterações significativas nas relações comerciais internacionais, desencadeadas por um evento disruptivo à escala global – a pandemia de COVID-19 – que afetou diretamente as cadeias de produção, transporte e consumo em praticamente todos os continentes.

De forma mais específica, este trabalho visa:

- Identificar os principais exportadores e importadores de café (HS 0901) em cada um dos períodos analisados;
- Analisar métricas de centralidade (*degree*, *weighted degree*, *betweenness centrality*), destacando o papel estratégico de determinados países na rede global de comércio de café;
- Avaliar a conectividade, modularidade, densidade e coeficiente de agrupamento da rede, de forma a compreender a sua evolução estrutural;
- Comparar a configuração da rede entre 2019 e 2021, identificando alterações nos fluxos de exportação e na centralidade de determinados *hubs* comerciais;
- Interpretar as transformações observadas à luz das perturbações provocadas pela pandemia, considerando os seus efeitos nas cadeias logísticas, na capacidade de exportação dos países produtores e na resiliência dos mercados importadores.

3. Metodologia

O presente estudo assenta numa abordagem quantitativa e exploratória, orientada pelos princípios da teoria dos grafos e da análise de redes complexas, aplicada ao comércio internacional de café (HS 0901).

A recolha de dados foi efetuada através da plataforma UN *Comtrade*, utilizando o código harmonizado HS 0901, correspondente ao café (em grão ou transformado). Para cada um dos anos em análise, foram extraídos os dados de exportação em valor (USD), por país de origem e por parceiro comercial. A escolha dos anos de 2019 e 2021 permite isolar os efeitos mais evidentes da pandemia, comparando a estrutura da rede comercial antes e após o auge da crise global.

Os dados foram posteriormente tratados e convertidos para um formato compatível com o *software Gephi*, onde foram construídos grafos representando os fluxos de exportação entre países. A análise concentrou-se em métricas de centralidade e estrutura de rede, nomeadamente:

- Grau total (*degree*)
- Grau ponderado (*weighted degree*)
- Centralidade de intermediação (*betweenness centrality*)
- Modularidade
- Densidade, diâmetro, coeficiente de agrupamento e comprimento médio do caminho

Estas métricas permitiram caracterizar a topologia da rede global de exportações de café, bem como o papel relativo de cada país na rede — tanto como exportador/importador direto como elo estratégico nas rotas comerciais internacionais.

Foram também utilizados diferentes *layouts* visuais no *Gephi*, incluindo *Fruchterman-Reingold*, *ForceAtlas2*, *Noverlap* e representações geográficas, com o objetivo de facilitar a leitura e interpretação dos padrões de conectividade. A dimensão dos nós foi obtida com base em métricas de centralidade, enquanto os *edges* foram ponderados segundo os valores comerciais reportados, permitindo identificar com clareza os principais fluxos de exportação.

Complementarmente, a análise dos resultados foi contextualizada à luz dos efeitos económicos da pandemia de COVID-19, como a disrupção das cadeias logísticas globais, a redução da procura em alguns mercados e a resiliência de certos países produtores de café. A interpretação baseou-se em literatura especializada, dados secundários e relatórios internacionais sobre comércio agrícola.

Importa ainda reconhecer algumas limitações metodológicas. A base de dados UN *Comtrade*, embora abrangente, está sujeita a lacunas e assimetrias no *reporte* por parte de alguns países. Adicionalmente, fenómenos como reexportações, exportações indiretas e variações nos critérios de contabilização podem introduzir distorções nos fluxos observados. Por fim, o facto de apenas dois anos terem sido analisados limita a

generalização das conclusões, ainda que estes anos tenham sido estrategicamente escolhidos para representar os extremos do impacto da pandemia.

4. Recolha e Preparação dos Dados

Para a realização da presente análise, os dados foram obtidos a partir da base de dados UN *Comtrade*, uma plataforma das Nações Unidas amplamente reconhecida pela sua abrangência e fiabilidade no domínio do comércio internacional. Esta base fornece estatísticas detalhadas por país, produto (com base nos códigos do sistema harmonizado – HS), ano e direção do fluxo (exportação/importação).

O produto selecionado para análise foi o café (HS 0901), abrangendo tanto o café em grão como em estado processado. A análise focou-se exclusivamente nas exportações globais, dado que estas representam os principais fluxos de saída e permitem observar com maior clareza a estrutura da rede comercial e o papel dos países produtores.

Optou-se por uma abordagem comparativa entre dois anos distintos:

- 2019, representando o cenário imediatamente anterior à pandemia de COVID-19, com redes comerciais ainda estáveis;
- 2021, refletindo os impactos da crise sanitária global, as perturbações nas cadeias logísticas e os primeiros sinais de adaptação no comércio internacional de produtos agrícolas.

Os dados foram tratados e convertidos para formato .csv, contendo apenas os campos essenciais à análise de redes: país exportador (*source*), país importador (*target*) e valor transacionado (*weight*). Esta estrutura foi fundamental para a construção de grafos dirigidos e ponderados no software *Gephi*, onde se conduziu a análise da topologia, dinâmica e evolução da rede global de exportações de café.

4.1. Tratamento de Dados

Após a recolha dos dados, procedeu-se à sua preparação e limpeza com recurso à ferramenta *Microsoft Excel*, de forma a garantir a sua adequação ao formato exigido para análise no *Gephi*. Este pré-processamento incluiu a remoção de colunas não relevantes para a construção da rede, bem como a eliminação de valores em falta (*missing values*).

Adicionalmente, foram excluídas todas as observações cujo campo *partner* (país importador) não identificava de forma inequívoca um país específico.

Durante a importação inicial dos ficheiros CSV no *Gephi*, foi gerado o aviso “*Self-loops or multi-edges detected*”, o que indicava a existência de múltiplos *edges* entre os mesmos pares de nós — ou seja, diversos registos de transações entre o mesmo país exportador e importador. Esta duplicação prejudicaria a construção da rede e comprometeria a precisão das métricas calculadas.

Para resolver esta situação, os dados foram agrupados manualmente no *Excel*, através da soma dos valores transacionados para cada par de países (*source-target*). Desta forma, consolidou-se cada relação comercial bilateral num único registo, mantendo-se a estrutura dirigida e ponderada da rede. Após a agregação, os dados foram reorganizados

nas três colunas essenciais — país exportador (*source*), país importador (*target*) e valor transacionado (*weight*) — e exportados novamente em formato .csv para posterior utilização no *Gephi*.

Este procedimento foi aplicado aos dois anos analisados: 2019 (pré-pandemia) e 2021 (pós-crise sanitária). A decisão de realizar esta agregação fora do *Gephi* deveu-se à necessidade de garantir controlo total sobre os dados e assegurar a consistência na visualização das métricas de rede. Manter os múltiplos registos originais teria introduzido redundâncias e distorções, inviabilizando uma leitura clara e comparável entre os dois períodos.

Deste modo, obteve-se uma base de dados limpa, agregada e estruturalmente coerente com os objetivos da análise: estudar, com rigor, o impacto da pandemia na rede global de exportações de café.

5. Análise da Rede de Exportação de Café (2019-2021)

No contexto do comércio agrícola global, a rede de exportação de café (HS 0901) representa as interligações estratégicas entre países produtores e consumidores, refletindo os fluxos comerciais de um dos produtos mais valiosos e amplamente consumidos do setor agroalimentar. Esta rede é influenciada por fatores económicos, logísticos, sociais e até climáticos, além de ser fortemente dependente da estabilidade das cadeias globais de abastecimento.

Neste capítulo, a análise incide sobre a rede internacional de exportações de café nos anos de 2019 e 2021, com o objetivo de compreender a estrutura das relações comerciais antes e após o impacto da pandemia de COVID-19. Pretende-se identificar os principais países exportadores e importadores, analisar o papel central de certos nós na rede e interpretar as dinâmicas de interdependência que caracterizam este mercado globalizado.

O ano de 2019 é considerado o ponto de partida, representando um cenário de relativa estabilidade nas trocas internacionais. No entanto, o ano 2021 marca um período de ajustamento e reconfiguração das cadeias logísticas e comerciais, após a fase mais crítica da pandemia. A comparação entre estes dois momentos permite observar com maior clareza os efeitos diretos e indiretos do COVID-19 sobre a estrutura da rede de exportações de café, incluindo alterações nos fluxos, emergência de novos *hubs* e eventuais perdas de influência de países tradicionalmente centrais.

A análise gráfica foi realizada com recurso ao *software Gephi*, utilizando métricas de centralidade, densidade, modularidade e coeficiente de agrupamento, entre outras, permitindo uma leitura visual e quantitativa das transformações ocorridas na rede global durante este período crítico.

5.1. Visualização da Rede (2019)

Após a importação dos dados para o *software Gephi*, foi gerada a visualização inicial da rede global de exportações de café, com base no código HS 0901, referente ao ano de 2019.

O grafo resultante é constituído por nós representando os países envolvidos no comércio internacional de café — quer na qualidade de exportadores, quer de importadores — e por *edges* dirigidos correspondentes aos fluxos comerciais estabelecidos entre esses países. Cada nó representa um país individual, enquanto cada *edge* dirigido traduz uma transação de exportação de café de um país para outro, com um peso proporcional ao valor monetário dessa transação (expresso em USD).

Esta visualização preliminar tem como principal objetivo proporcionar uma compreensão estrutural da rede, permitindo identificar a densidade das interações comerciais, a conectividade entre os países, bem como a distribuição geográfica dos fluxos de café à escala global. A observação inicial do grafo possibilita desde logo

distinguir os principais *hubs* comerciais e avaliar o grau de dispersão ou concentração das exportações em cada um dos anos analisados.

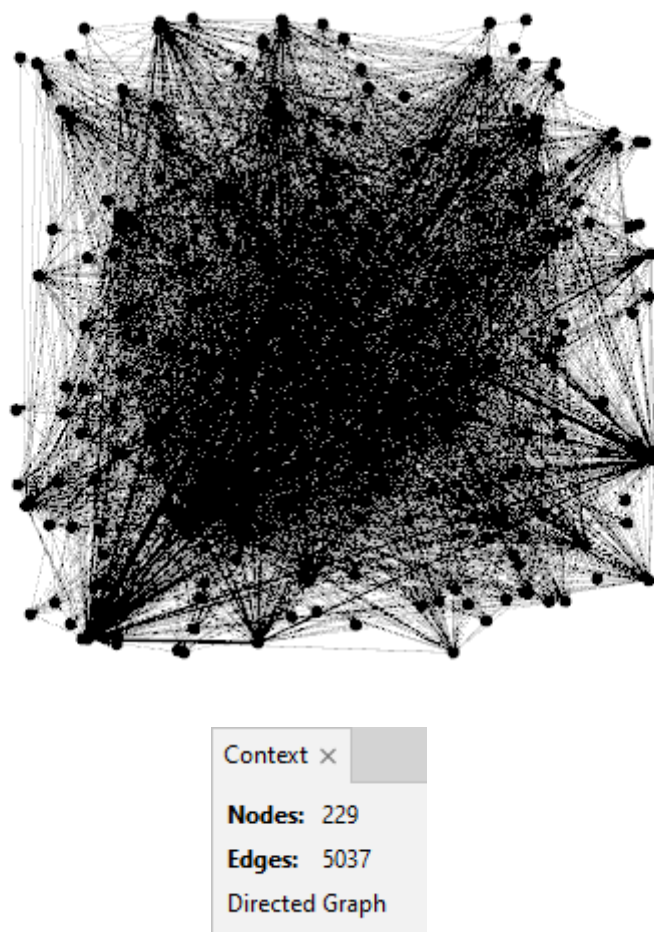


Figura 1: Grafo das exportações de café (2019)

A estrutura do grafo revela uma rede densa e altamente interligada, refletindo a natureza globalizada e complexa do comércio internacional de café. Cada nó representa um país e cada *edge* dirigido indica um fluxo de exportação entre dois países, com espessura proporcional ao valor da transação.

Após a importação dos dados referentes ao ano de 2019 para o *software Gephi*, foi gerado o grafo correspondente à rede global de exportações de café (HS 0901). Este grafo é composto por 229 nós e 5037 *edges* dirigidos.

Embora nesta fase ainda não tenham sido aplicadas distinções visuais (como cor, tamanho dos nós ou agrupamentos modulares), é possível observar zonas de maior densidade de conexões, onde múltiplas transações se concentram. Estas zonas sugerem, de forma preliminar, a existência de países com maior peso no volume global de exportações de café, seja como exportadores dominantes, seja como principais destinos comerciais.

Esta primeira visualização serve como base estrutural para análises mais detalhadas nas próximas etapas, nomeadamente a identificação de *hubs* centrais, a medição de centralidades e a segmentação por comunidades (modularidade), que permitirão compreender de forma mais precisa o papel estratégico de cada país na rede global.

5.1.1. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Envolvidos na Rede (2019)

Na etapa seguinte da análise, foi aplicada a métrica de grau total (*degree*), que corresponde à soma das ligações de entrada e de saída de cada nó. O objetivo desta operação foi ajustar o tamanho dos nós proporcionalmente ao seu grau, permitindo destacar visualmente os países com maior envolvimento na rede global de exportações de café.

Esta abordagem é particularmente útil para identificar países com papel estruturalmente relevante na rede comercial, independentemente de atuarem predominantemente como exportadores ou importadores, uma vez que o grau total contabiliza ambas as direções das trocas comerciais.

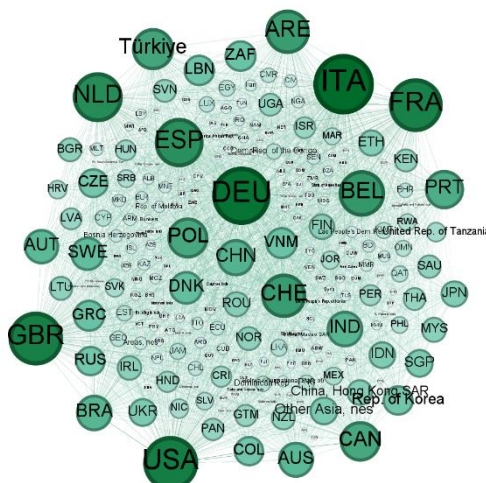


Figura 2: Grafo com nodes proporcionais ao grau com label (2019)

A visualização resultante permite uma leitura clara dos principais intervenientes no comércio internacional de café no ano de 2019. A rede apresenta uma configuração densa e interligada, onde alguns países assumem clara preponderância em termos de conectividade.

Na visualização, países europeus como Alemanha (DEU), Itália (ITA), França (FRA), Bélgica (BEL), Espanha (ESP) e Países Baixos (NLD) surgem como nós centrais, destacando o papel da Europa como principal mercado importador e redistribuidor no comércio de café. Observa-se também o envolvimento significativo de países como os Estados Unidos (USA) e Reino Unido (GBR). Verifica-se, também, uma maior centralidade de países produtores, como Brasil (BRA), Colômbia (COL) e Vietname (VNM). O Brasil destaca-se claramente como *hub* exportador dominante, com um grau visivelmente superior aos restantes nós.

Além disso, Suíça (CHE) e Alemanha (DEU) mantêm posições centrais, sugerindo o seu papel como países de reexportação ou processamento, enquanto países como Itália, Estados Unidos e China (CHN) mantêm elevado grau de ligação, refletindo a sua importância tanto como consumidores como redistribuidores.

Esta análise da centralidade por grau é essencial para compreender a estrutura geral da rede, antecipando investigações mais específicas sobre a direção dos fluxos (grau de entrada vs. saída) e sobre o peso comercial agregado (grau ponderado), que serão exploradas nos subcapítulos seguintes.

5.1.2. Análise de *Weighted Out Degree* – Identificação dos Países mais Exportadores. (2019)

Após a construção inicial da rede, procedeu-se à aplicação da métrica de *Weighted Out-Degree*, com o objetivo de identificar os principais países exportadores de café, com base no volume total exportado em valor monetário (USD). Esta métrica permite quantificar, para cada país, o peso das suas exportações na rede global, destacando visualmente os principais emissores no comércio internacional de café.

Para uma representação visual mais informativa, foram aplicados dois *layouts* distintos no *Gephi*: *ForceAtlas2* e *Fruchterman-Reingold*, ambos com os nós dimensionados em função do *Weighted Out-Degree*.

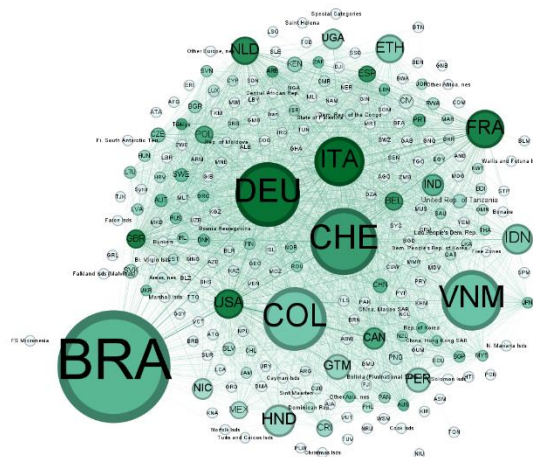


Figura 3: Grafo com nós proporcionais ao *weighted out-degree* (*Force Atlas 2*) (2019)

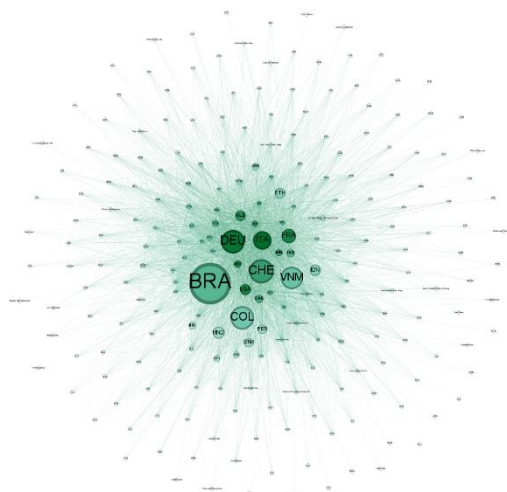


Figura 4: Grafo com nós proporcionais ao weighted out-degree (Fruchterman-Reingold) (2019)

O primeiro *layout*, *ForceAtlas2*, permite uma disposição mais orgânica da rede, onde os países mais influentes enquanto exportadores surgem agrupados no centro da visualização. Nesta configuração, observa-se com clareza o destaque de países produtores como o Brasil (BRA), Vietname (VNM), Colômbia (COL) e Etiópia (ETH). O Brasil, em particular, apresenta um nó de dimensão claramente superior, refletindo a sua posição dominante enquanto maior exportador mundial de café.

Na visualização com o *layout Fruchterman-Reingold*, a rede apresenta uma estrutura mais radial, com os principais exportadores dispostos no centro e os restantes países organizados em torno destes, formando um padrão semelhante ao de “explosão” ou *hub-and-spoke*. Esta configuração facilita a leitura da dispersão dos fluxos de exportação, mostrando de forma mais clara quais os destinos mais conectados a cada grande emissor.

Ambas as visualizações são complementares:

- *ForceAtlas2* evidencia a estrutura de agrupamento e interconectividade entre os países exportadores,
- Enquanto o *Fruchterman-Reingold* reforça a centralidade relativa dos principais emissores e a direccionalidade das exportações.

Os resultados confirmam que o comércio internacional de café é altamente concentrado em torno de um conjunto restrito de países produtores, que operam como *hubs* centrais de exportação e estabelecem relações comerciais com dezenas de parceiros espalhados por todos os continentes.

5.1.3. Análise de Weighted In Degree – Identificação dos Países mais Importadores. (2019)

Dando continuidade à análise da rede global de comércio de café para os anos de 2019, esta etapa foca-se na identificação dos principais países importadores, através da métrica *Weighted In-Degree*. Esta métrica permite quantificar o valor total importado

por cada país, refletindo o seu peso enquanto destino final nas cadeias internacionais de abastecimento de café.

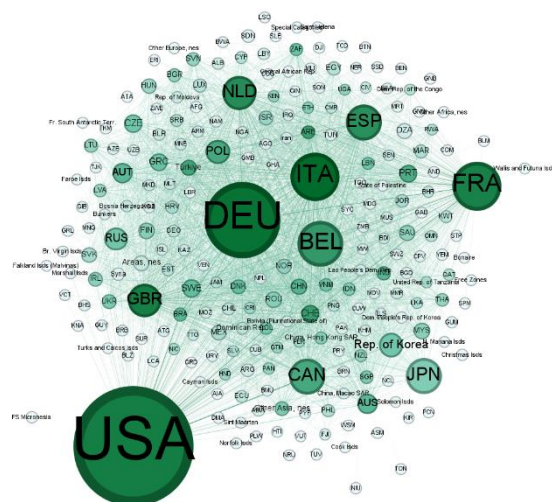


Figura 5: Grafo com nós proporcionais ao *weighted in-degree* (Force Atlas 2) (2019)

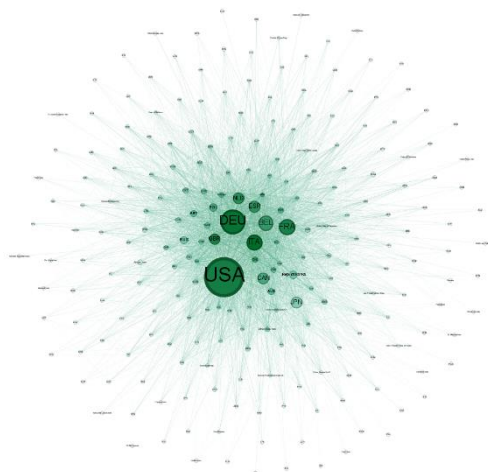


Figura 6: Grafo com nós proporcionais ao *weighted in-degree* (Fruchterman-Reingold) (2019)

A visualização da rede utilizando o *layout ForceAtlas2* revela uma estrutura densa e centrada, com os principais importadores posicionados no núcleo da rede e com nós de grande dimensão. Estados Unidos da América (USA) destacam-se de forma evidente como maior importador global de café, com um nó visivelmente superior aos restantes. Em redor dos EUA, observam-se países com elevada procura como Alemanha (DEU), Itália (ITA), França (FRA), Bélgica (BEL) e Países Baixos (NLD), confirmando o papel preponderante da Europa Ocidental e da América do Norte enquanto principais polos de consumo.

O layout *Fruchterman-Reingold*, por sua vez, oferece uma disposição mais radial e espaçada da rede, favorecendo a leitura clara dos padrões de ligação. Nesta

representação, mantêm-se visíveis os grandes nós centrais, mas destaca-se com mais nitidez a extensa dispersão geográfica dos fluxos de importação. Nota-se que muitos países estão diretamente ligados a múltiplos exportadores, evidenciando uma estratégia de diversificação de fornecedores por parte dos importadores centrais.

5.1.4. Análise de *Betweenness Centrality* – Identificação de *Hubs* (2019)

Após a análise das exportações e importações totais, foi aplicada a métrica de centralidade de intermediação (*betweenness centrality*) com o objetivo de identificar os países que desempenham um papel estratégico enquanto *hubs* globais na rede de comércio internacional de café, no ano de 2019.

Esta métrica mede o número de vezes que um país surge nos caminhos mais curtos entre outros pares de países, funcionando como um elo essencial na circulação do café a nível global, mesmo que não seja um dos maiores exportadores ou importadores diretos.

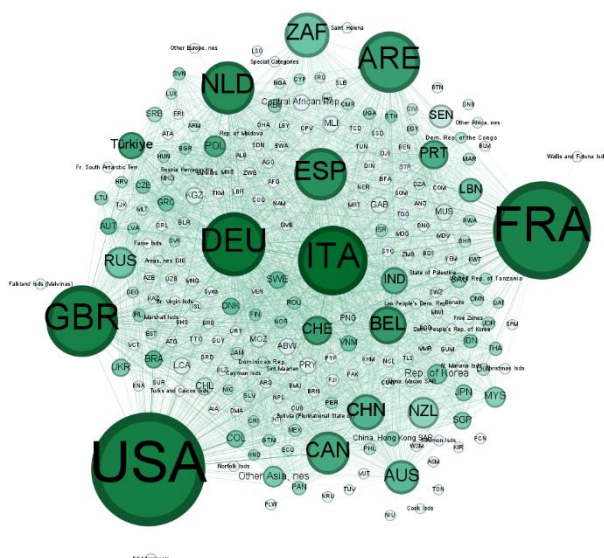


Figura 7: Garfo com nós proporcionais a *betweenness centrality* (2019)

A rede foi representada através do *layout Yifan Hu*, particularmente eficaz para redes densas e complexas como esta, permitindo uma distribuição clara dos nós e um destaque visual das ligações mais relevantes.

A imagem evidencia, desde logo, a preeminência dos Estados Unidos da América (USA), cujo nó surge com a maior dimensão, refletindo a sua função de *hub* estratégico na rede global. Para além da sua relevância enquanto grande importador, os EUA assumem também um papel de conectividade crítica entre regiões exportadoras e outros mercados consumidores, servindo como ponte para a redistribuição.

Na Europa, países como França (FRA), Alemanha (DEU), Itália (ITA) e Reino Unido (GBR) também apresentam valores elevados de centralidade de intermediação, o que confirma o seu papel como plataformas logísticas e comerciais. Estes países ligam diversos exportadores da América Latina, África e Ásia a uma rede alargada de consumidores intra e extraeuropeus.

Outros países com centralidade relevante incluem Países Baixos (NLD), Canadá (CAN), Emirados Árabes Unidos (ARE) e Suíça (CHE), que apesar de não estarem necessariamente entre os maiores compradores ou vendedores, desempenham funções cruciais de ligação entre blocos comerciais. A sua posição geoestratégica ou papel nos processos de reexportação e transformação contribui para essa visibilidade estrutural.

Esta análise reforça a importância de considerar dimensões além do volume comercial absoluto. A intermediação logística, diplomática ou comercial de certos países confere-lhes um papel central no equilíbrio da rede, funcionando como pontos de passagem indispensáveis para a eficiência e continuidade dos fluxos internacionais de café.

5.2. Estatísticas da Rede

Para além da análise estrutural e visual da rede de exportações de café, é essencial compreender as métricas estatísticas associadas à sua configuração. Estas estatísticas permitem interpretar de forma objetiva o comportamento geral da rede, identificar padrões estruturais, e avaliar o grau de conectividade, densidade e coesão entre os seus elementos.

A análise estatística da rede proporciona indicadores-chave como:

- **Número total de nós:** representa os países que participam na rede, quer como exportadores, quer como importadores;
- **Número total de *edges*:** corresponde ao número de relações comerciais (fluxos de exportação) entre países;
- **Densidade da rede:** mede o grau de interligação entre os países participantes, indicando quão conectada está a rede como um todo;
- **Diâmetro:** indica o maior número de passos necessários para ligar dois nós na rede, refletindo a extensão máxima da sua conectividade;
- **Comprimento médio do caminho (*average path length*):** revela quantos passos, em média, são necessários para ligar qualquer par de países;
- **Coefficiente de agrupamento (*clustering coefficient*):** avalia a tendência de formação de triângulos ou grupos fechados entre países, refletindo padrões de interdependência regional;
- **Modularidade:** permite identificar comunidades ou blocos comerciais mais densamente conectados entre si, mas com menor ligação ao exterior.

Estas métricas foram calculadas separadamente para os anos de 2019 e 2021, permitindo comparar a evolução da rede antes e após o impacto da pandemia de COVID-19. Tal comparação é fundamental para perceber se houve fragmentação, concentração,

maior dispersão ou reorganização dos fluxos de exportação no comércio internacional de café.

5.3. Distribuição do Grau (2019)

A distribuição do grau da rede, representada no gráfico abaixo, mostra a frequência com que cada valor de grau (número de conexões por país) ocorre no grafo correspondente às exportações de café em 2019.

Como se pode observar, a grande maioria dos países apresenta poucos vínculos comerciais, com menos de 10 conexões, enquanto um pequeno número de países possui graus elevados, chegando a ultrapassar 200 ligações. Esta distribuição assimétrica é característica de redes heterogêneas e *escala-free*, em que poucos nós (países) atuam como *hubs* centrais, altamente conectados, enquanto a maioria tem um papel periférico.

O valor médio de grau na rede é de aproximadamente 21,996, o que indica que, em média, cada país está ligado a cerca de 22 parceiros comerciais. No entanto, a presença de *hubs* altamente conectados — como Brasil, EUA, Alemanha ou França — eleva este valor médio, escondendo a desigualdade real da conectividade na rede.

Este tipo de distribuição é típico de redes complexas no comércio internacional, em que a dependência de um número restrito de países estruturantes aumenta a vulnerabilidade do sistema global a choques localizados, como os provocados pela pandemia de COVID-19.

Results:

Average Degree: 21,996

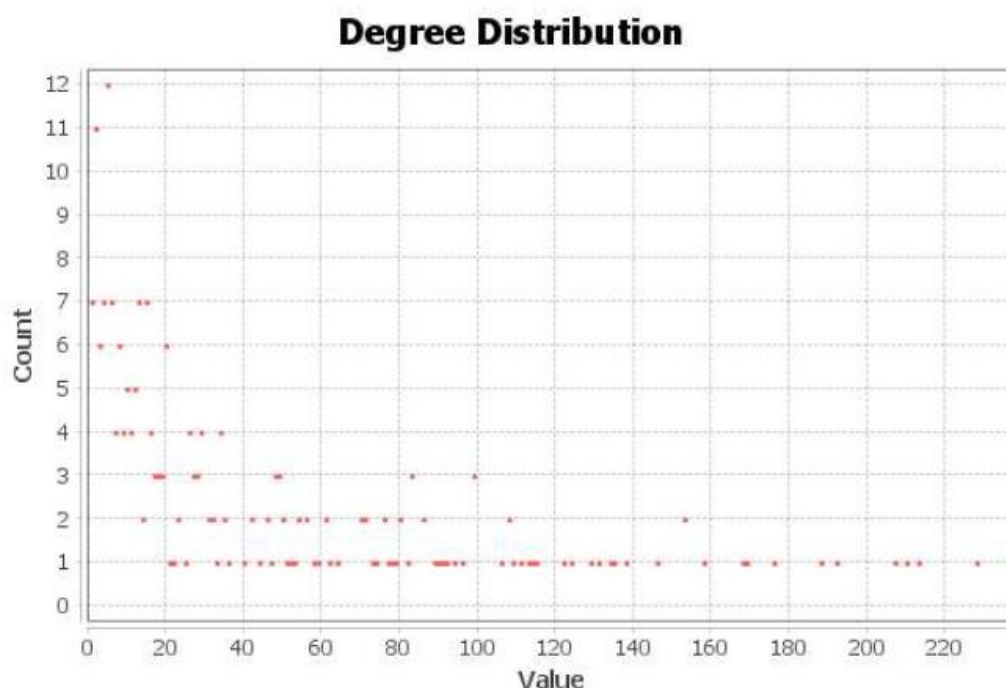


Figura 8: Gráfico representativo da distribuição de grau (2019)

5.3.1. Métricas de Rede (2019)

Os resultados estatísticos extraídos do *Gephi* para a rede global de exportações de café em 2019 apresentam as seguintes métricas de rede:

| Network Overview | | | |
|-----------------------------|---------------|-----|---|
| Average Degree | 21,996 | Run | ? |
| Avg. Weighted Degree | 127186414,153 | Run | ? |
| Network Diameter | 5 | Run | ? |
| Graph Density | | Run | ? |
| HITS | | Run | ? |
| PageRank | | Run | ? |
| Connected Components | | Run | ? |
| Community Detection | | | |
| Modularity | 0,226 | Run | ? |
| Statistical Inference | | Run | ? |
| Node Overview | | | |
| Avg. Clustering Coefficient | 0,562 | Run | ? |
| Eigenvector Centrality | | Run | ? |
| Edge Overview | | | |
| Avg. Path Length | 2,125 | Run | ? |

Figura 9: Análises das Métricas (2019)

- **Grau Médio (Average Degree): 21,996**

Em média, cada país manteve relações comerciais de exportação de café com cerca de 22 outros países. Este valor, relativamente elevado, indica uma rede densamente conectada, com múltiplas interações bilaterais entre países produtores e consumidores.

- **Grau Médio Ponderado (Avg. Weighted Degree): 12.718.641.414,15**

O valor reflete o peso médio das transações em termos de valor financeiro (USD). Mostra que, para além de numerosos vínculos, os países centrais movimentam valores comerciais expressivos, revelando a intensidade económica das suas ligações.

- **Diâmetro da Rede (Network Diameter): 5**

Este valor indica que qualquer país está no máximo a 5 passos de outro na rede, confirmando que esta apresenta um comportamento de “pequeno mundo”, onde os fluxos comerciais se disseminam rapidamente entre os nós.

- **Densidade do Grafo** (*Graph Density*) (valor não apresentado diretamente, mas inferível como elevado)
Com 229 nós e 5037 *edges*, a densidade da rede é considerável para uma rede internacional, denotando uma forte conectividade entre países, ainda que não completamente distribuída de forma homogênea.
- **Modularidade:** 0,226
Este valor indica a presença de grupos ou comunidades comerciais moderadamente definidas — conjuntos de países que interagem mais entre si do que com o restante mundo. Pode refletir blocos regionais, como União Europeia, América Latina ou Sudeste Asiático, bem como acordos comerciais específicos.
- **Coefficiente Médio de Agrupamento** (*Avg. Clustering Coefficient*): 0,562
Um valor relativamente elevado, indicando que há forte tendência para formação de triângulos comerciais. Ou seja, se dois países têm relações comerciais com um terceiro, é provável que também negociem entre si, evidenciando coesão regional e parcerias comerciais multilaterais.
- **Comprimento Médio do Caminho** (*Avg. Path Length*): 2,125
Este valor indica que, em média, são necessários pouco mais de dois passos para ligar qualquer par de países na rede. Este facto evidencia uma estrutura eficiente e altamente integrada, onde a circulação de café no mercado internacional ocorre com poucos intermediários.

A análise das métricas confirma os padrões observados nos grafos visuais: a rede de comércio de café é altamente conectada, resiliente e estruturada em torno de múltiplos *hubs* estratégicos. Apesar de algumas diferenças regionais, a rede mostra características de robustez e integração, sendo dominada por um conjunto de países com forte presença como exportadores, importadores ou intermediários logísticos.

Estas estatísticas serão fundamentais para uma análise comparativa com o ano de 2021, permitindo compreender as transformações estruturais associadas à pandemia de COVID-19 e o grau de continuidade ou reconfiguração das relações comerciais globais de café.

5.4. Visualização da Rede (2021)

Após a importação dos dados referentes ao ano de 2021 para o *software Gephi*, foi gerado o grafo correspondente à rede global de exportações de café (HS 0901). Este grafo é composto por 228 nós e 5286 arestas dirigidas, representando, respetivamente, os países envolvidos no comércio internacional de café e os fluxos comerciais estabelecidos entre eles nesse período.

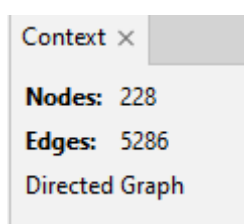
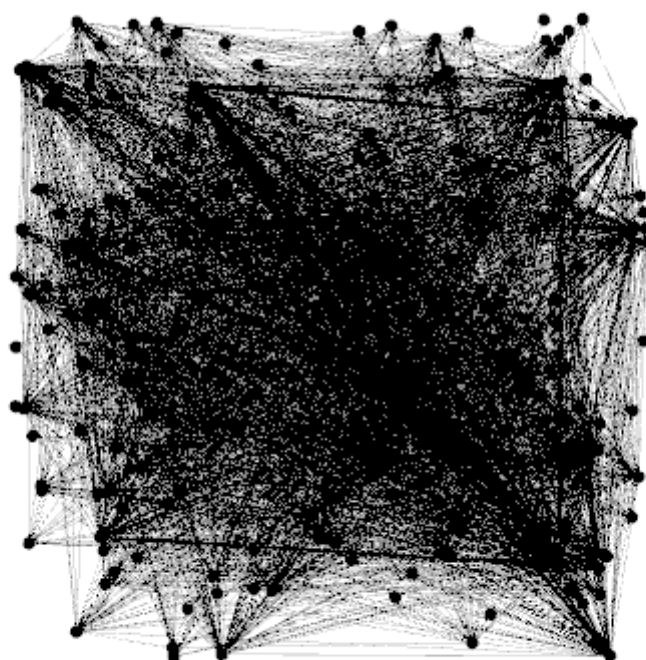


Figura 10: Grafo das exportações de café (2021)

À semelhança da análise desenvolvida para o ano de 2019, cada nó representa um país, quer na qualidade de exportador, quer de importador, e cada *edge* dirigido corresponde a uma transação de exportação, ponderada pelo valor monetário da exportação (USD).

Comparando com o grafo de 2019, verifica-se que a estrutura da rede se manteve densa e fortemente interligada, mas com algumas variações na posição e conectividade de certos países. Embora o número de nós e *edges* tenha permanecido quase constante (aumento de 1 *node* e um ligeiro aumento de *edges* - indicando estabilidade na quantidade de países e relações comerciais registadas), o posicionamento visual e a distribuição dos fluxos sugerem ajustes nas rotas comerciais e nos principais intervenientes.

5.4.1. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Envolvidos na Rede (2021)

A visualização revela uma rede densamente conectada, mas com uma concentração clara em torno de certos países com elevado grau de conectividade. Em 2021, Estados Unidos da América (USA) surgem como um dos nós de maior dimensão, confirmando a sua posição como grande polo de receção e redistribuição de café a nível mundial.

Também se destaca o envolvimento de Reino Unido (GBR), Brasil (BRA), Turquia (TUR) e Emirados Árabes Unidos (ARE), evidenciando uma rede comercial que transcende blocos

geográficos tradicionais, ligando América Latina, Europa, Ásia e Médio Oriente num sistema altamente interligado.

Comparativamente ao ano de 2019, não se observa uma diminuição no número de nós (incremento de 1) ou de *edges* (pelo contrário, ligeiro aumento), mas nota-se uma acentuação da centralidade de certos atores, indicando uma possível consolidação das rotas comerciais e a emergência de polos dominantes na estrutura da rede. A Europa continua a assumir um papel central, agora reforçado por uma maior diversidade de ligações.

Esta configuração aponta para uma rede menos dispersa e mais centrada, onde os principais países importadores e exportadores estabelecem relações comerciais múltiplas e intensas, reforçando a sua influência como *hubs* do sistema global de exportações de café.

5.4.2. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Envolvidos na Rede (2021)

Após a construção inicial da rede correspondente ao ano de 2021, foi aplicada a métrica de *Weighted Out-Degree*, com o objetivo de identificar os países com maior relevância enquanto exportadores de café. Esta métrica permite quantificar o volume total exportado por país em valor monetário (USD), destacando os principais emissores no comércio internacional de café durante o período pós-pandemia.

Tal como na análise anterior, foram utilizados dois *layouts* distintos no *Gephi* — *ForceAtlas 2* e *Fruchterman-Reingold* — com os nós dimensionados proporcionalmente ao valor do *Weighted Out-Degree*. Estas representações visuais permitem compreender não só quais os países que lideram as exportações, como também a forma como estes se posicionam estruturalmente na rede comercial global.

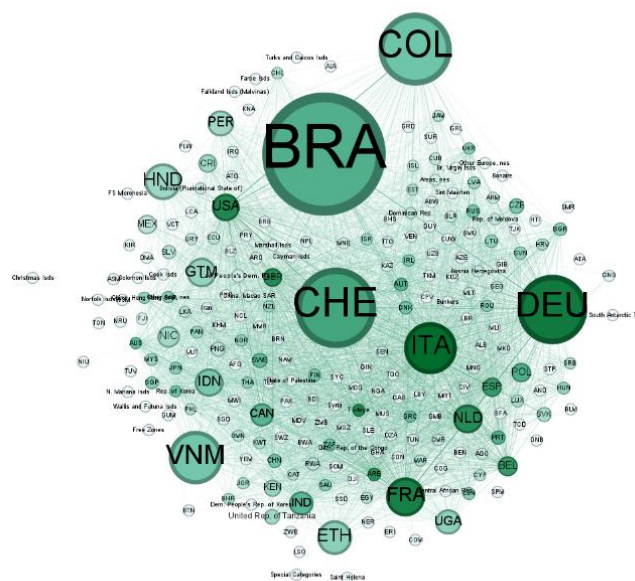


Figura 12: Grafo com nós proporcionais ao weighted out-degree (Force Atlas 2) (2021)

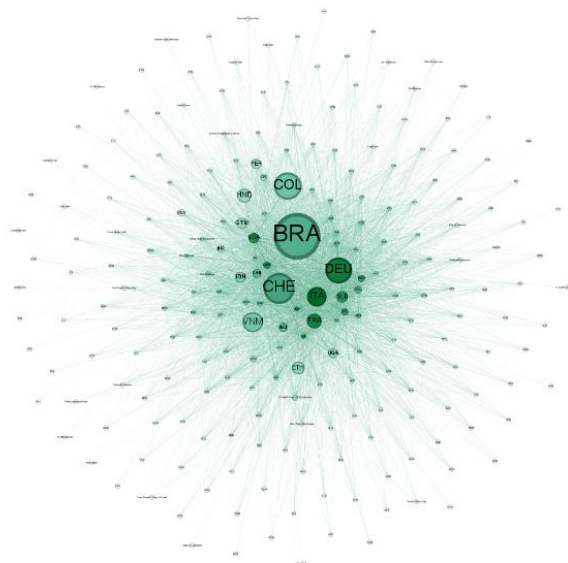


Figura 13: Grafo com nós proporcionais ao weighted out-degree (Fruchterman-Reingold) (2021)

Na visualização com *layout ForceAtlas 2*, a rede apresenta-se densa e bem conectada, revelando desde logo o Brasil (BRA) como maior exportador mundial de café. O seu nó surge destacado no centro da rede, com dimensão expressiva, refletindo a dominância do país nas exportações globais do setor. Também se destacam, com peso considerável, países como Colômbia (COL), Vietname (VNM) e Etiópia (ETH), todos grandes produtores e exportadores de café a nível mundial.

Países europeus como Suíça (CHE), Alemanha (DEU), Itália (ITA) e Países Baixos (NLD) também surgem com elevada conectividade, o que evidencia o seu papel enquanto *hubs*

logísticos e comerciais. Embora não sejam grandes produtores de café, estes países assumem importância como centros de reexportação, processamento ou redistribuição, reforçando a centralidade da Europa no sistema global de comércio do produto.

Na configuração gerada com o *layout Fruchterman-Reingold*, com disposição mais radial, é possível visualizar com maior clareza os fluxos bilaterais entre os principais exportadores e os seus destinos. O Brasil mantém o destaque central, com *edges* espessos projetadas para múltiplos países, demonstrando a amplitude da sua rede comercial. Colômbia, Vietname, Suíça e Alemanha surgem como nós com elevada atividade exportadora, refletindo o seu papel de ligação a diversos mercados consumidores.

Estas duas visualizações, complementares entre si, revelam uma estrutura altamente concentrada nas mãos de poucos exportadores dominantes, mas simultaneamente diversificada nas rotas e destinos. A posição dos países europeus reforça a ideia de uma cadeia de valor do café que envolve não apenas o país de origem, mas também processos de transformação, embalagem e redistribuição a nível global.

A análise do *Weighted Out-Degree* confirma a centralidade de países produtores tradicionais — como o Brasil, Colômbia e Vietname — e destaca o papel crescente de centros logísticos europeus, cuja relevância vai para além do volume absoluto exportado, assumindo funções-chave na orquestração do sistema global de comércio do café.

5.4.3. Análise de Grau – Identificação dos Países Mais Importadores (2021)

Nesta fase da análise, foi aplicada a métrica de *Weighted In-Degree* com o objetivo de identificar os principais países importadores de café, com base no valor financeiro acumulado das importações recebidas em 2021. Esta métrica permite destacar os principais mercados consumidores globais, evidenciando os países que concentram os maiores volumes monetários de entrada na rede comercial.

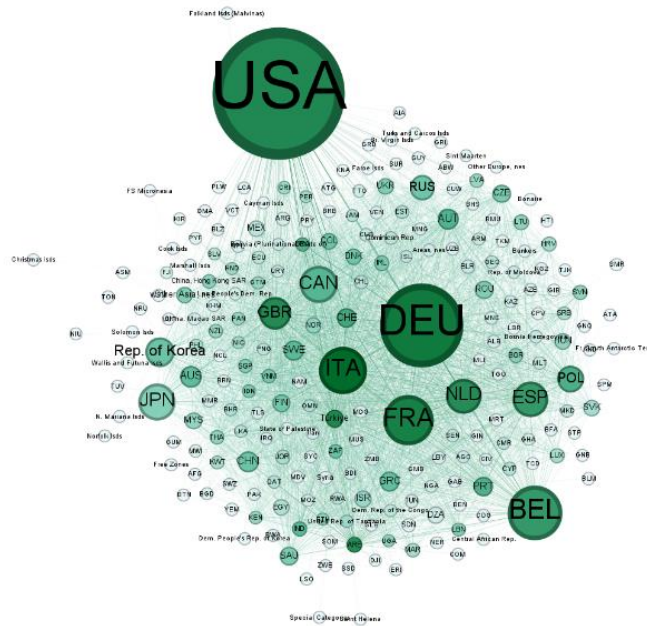


Figura 14: Grafo com nós proporcionais ao weighted in-degree (Force Atlas 2) (2021)

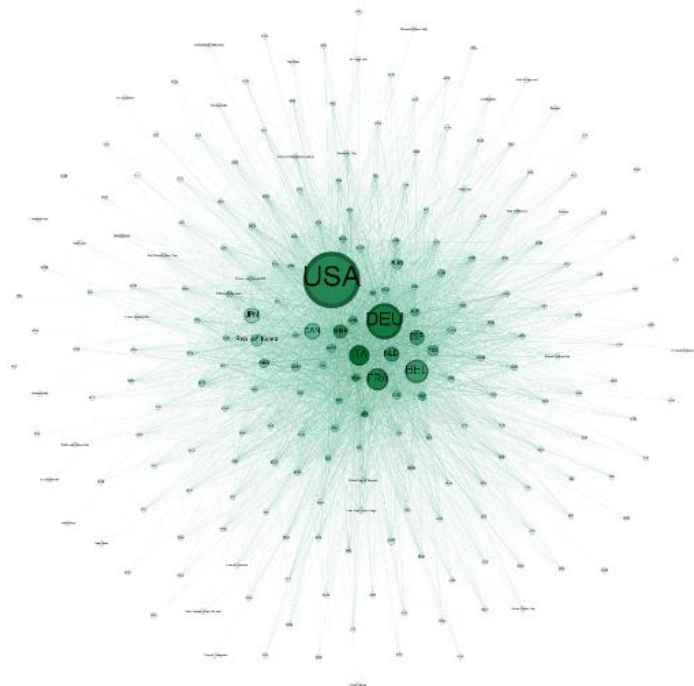


Figura 15: Grafo com nós proporcionais ao weighted in-degree (Fruchterman-Reingold) (2021)

A visualização com o *layout ForceAtlas2* revela uma estrutura coesa e densamente conectada, onde os países com maior volume de importações aparecem mais centrais e com nós de maior dimensão. Em 2021, os Estados Unidos da América (USA) destacam-se como o principal importador de café no mundo, com um nó imponente e ligações espessas oriundas de múltiplos países exportadores.

Em seguida, países como Alemanha (DEU), França (FRA), Itália (ITA), Bélgica (BEL), Países Baixos (NLD) e Reino Unido (GBR) ocupam posições igualmente centrais, refletindo o

peso da Europa Ocidental como principal mercado consumidor global de café. Estes países, além de receberem grandes volumes, estão ligados a diversos exportadores, evidenciando uma forte diversificação das suas fontes de abastecimento.

Na visualização com o *layout Fruchterman-Reingold*, a disposição radial facilita a percepção dos fluxos direcionados aos grandes importadores. Novamente, os EUA assumem uma posição de destaque no centro do grafo, com arestas densas que confirmam o seu papel como destino prioritário do café mundial. Os países europeus aparecem distribuídos com nós relativamente próximos e altamente conectados, reforçando a relevância comercial do bloco europeu.

Comparando com os dados de 2019, verifica-se:

- A manutenção dos EUA como maior mercado importador;
- O reforço do papel da Europa, especialmente Alemanha, França, Itália e Bélgica, tanto em volume como em número de fornecedores;
- Uma distribuição geográfica mais concentrada dos principais consumidores, com menor variação entre anos, o que indica estabilidade na procura global de café;
- Uma rede de importações mais consolidada, com maior densidade de ligações para os principais *hubs*.

Estas observações sugerem que a estrutura da rede de importações de café em 2021 reflete padrões de consumo consistentes, mas com sinais claros de centralização em torno de polos económicos poderosos, sobretudo na Europa e América do Norte. Esta concentração também indica que eventuais disrupções logísticas ou comerciais em poucos países podem ter impactos alargados, dada a dependência generalizada destes grandes centros consumidores.

5.4.4. Análise de Betweenness Centrality – Identificação de Hubs (2021)

Dando continuidade à análise da rede global de exportações de café, foi aplicada a métrica de centralidade de intermediação (*betweenness centrality*) ao ano de 2021, com o objetivo de identificar os países que funcionam como principais *hubs* de interligação na rede comercial internacional. Esta métrica permite perceber quais os nós (países) que mais frequentemente surgem nos caminhos mais curtos entre outros pares de países, atuando como pontes estratégicas no sistema global — mesmo que não sejam os maiores exportadores ou importadores diretos.

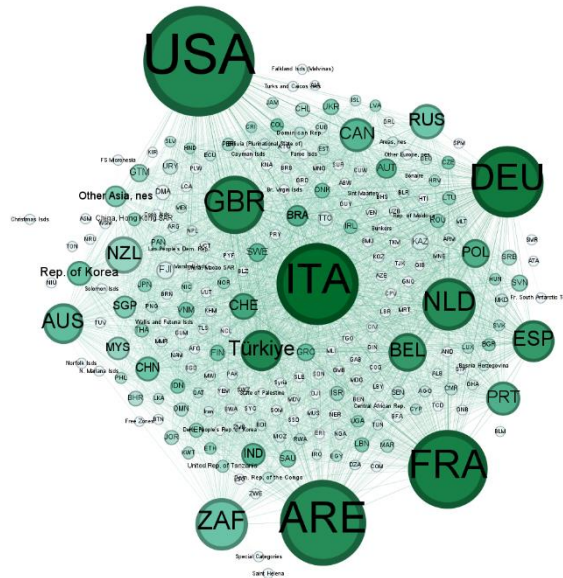


Figura 16: Garfo com nós proporcionais a *betweenness centrality* (2021)

Para esta análise, recorreu-se novamente ao *layout* Yifan Hu, especialmente eficaz em redes densas, como esta, permitindo destacar visualmente os países com maior centralidade estrutural na rede.

A visualização evidencia claramente a centralidade reforçada dos Estados Unidos da América (USA), que surgem como principal *hub* global de intermediação. O tamanho expressivo do seu nó reflete o papel dos EUA não apenas como um grande consumidor, mas também como elo de ligação entre diversos blocos geográficos, funcionando como ponto de redistribuição e receção de fluxos provenientes de múltiplos exportadores mundiais.

Também se destacam países europeus como Itália (ITA), França (FRA), Alemanha (DEU), Países Baixos (NLD), Bélgica (BEL) e Reino Unido (GBR), cuja posição central na rede confirma o seu papel como *hubs* logísticos e comerciais altamente conectados. Estas nações são frequentemente responsáveis pela reexportação, transformação ou distribuição do café que chega de grandes produtores como Brasil, Colômbia ou Vietname.

Outro país que ganha visibilidade nesta análise é os Emirados Árabes Unidos (ARE), o que sugere o crescimento do seu papel como plataforma comercial estratégica, especialmente no contexto de redistribuição para o Médio Oriente, Ásia ou África. Da mesma forma, África do Sul (ZAF), Suíça (CHE) e Turquia (TUR) surgem com centralidade significativa, o que revela uma maior descentralização geográfica das rotas comerciais.

Comparando com 2019, constata-se:

- A manutenção dos EUA e da Europa Ocidental como eixos centrais;
- A emergência de países não tradicionais em posições mais centrais, como ZAF e ARE;

- Uma rede mais complexa e interdependente, onde o papel logístico e estratégico de certos países se acentua, independentemente do seu volume absoluto de trocas.

Esta análise confirma que, no comércio internacional de café, a centralidade estrutural não depende apenas de volumes transacionados, mas também da capacidade de intermediar fluxos, redirecionar rotas e conectar regiões distintas — uma característica crítica num setor cada vez mais exposto a disrupções logísticas e geopolíticas.

5.5. Distribuição do Grau (2021)

O gráfico da distribuição do grau relativo à rede global de exportações de café em 2021 apresenta um padrão típico de redes heterogêneas: fortemente assimétrico, com a maioria dos países concentrados em valores de grau baixos, enquanto um número muito restrito de nós possui um grau elevado, desempenhando o papel de *hubs* centrais na rede.

Results:

Average Degree: 23,184

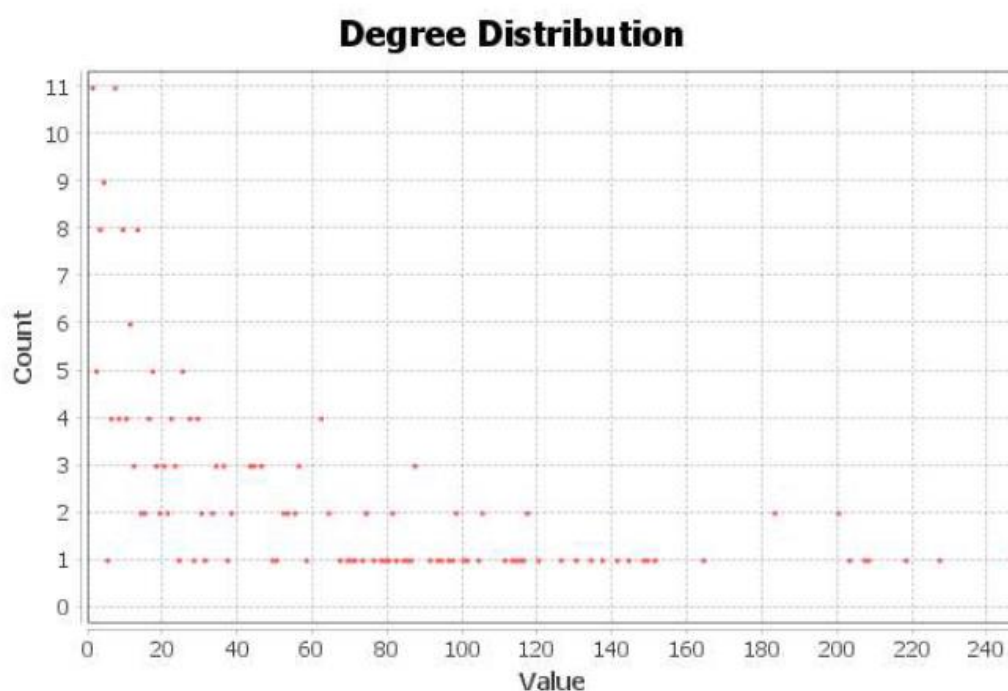


Figura 17: Gráfico representativo da distribuição de grau (2021)

Este comportamento confirma que o sistema de comércio de café é altamente centralizado, onde poucos países lideram a conectividade e a intermediação, enquanto a maioria mantém relações comerciais com um número reduzido de parceiros.

No entanto, ao comparar com 2019, observa-se um ligeiro aumento na frequência de países com graus médios (entre 10 e 30 conexões), o que sugere uma expansão das relações comerciais a nível global. Esse crescimento poderá estar associado a um esforço

de diversificação por parte de vários países, tanto do lado dos exportadores como dos importadores, numa tentativa de reduzir riscos e aumentar a resiliência logística, especialmente após os impactos da pandemia de COVID-19.

Esta evolução aponta para um sistema comercial que, embora continue centralizado em torno de grandes *hubs* como Brasil, EUA e Alemanha, mostra sinais de descentralização parcial, através da integração de mais países em posições intermédias da rede.

Em suma, a distribuição de grau da rede de 2021 evidencia um modelo concentrado, mas em expansão, refletindo os desafios contemporâneos do comércio internacional — como instabilidade logística, pressões sobre cadeias de abastecimento e necessidade crescente de segurança alimentar e económica.

5.5.1. Métricas da Rede (2021)

Os resultados extraídos do *Gephi* para a rede global de exportações de café em 2021 são os seguintes:

| Network Overview | | | |
|-----------------------------|---------------|-----|---|
| Average Degree | 23,184 | Run | ? |
| Avg. Weighted Degree | 156504829,386 | Run | ? |
| Network Diameter | 5 | Run | ? |
| Graph Density | | Run | ? |
| HITS | | Run | ? |
| PageRank | | Run | ? |
| Connected Components | | Run | ? |
| Community Detection | | | |
| Modularity | 0,219 | Run | ? |
| Statistical Inference | | Run | ? |
| Node Overview | | | |
| Avg. Clustering Coefficient | 0,553 | Run | ? |
| Eigenvector Centrality | | Run | ? |
| Edge Overview | | | |
| Avg. Path Length | 2,055 | Run | ? |

Figura 18: Análise das Métricas (2021)

- **Grau Médio (Average Degree): 23,184**

Cada país na rede, em média, estabeleceu relações comerciais com mais de 23 parceiros. Este valor confirma a intensa interligação da rede de comércio de café.

Trata-se de uma rede altamente conectada, reflexo da ampla dispersão da produção e do consumo a nível global.

- **Grau Médio Ponderado** (*Avg. Weighted Degree*): 15.650.482.938,6

Este valor reflete o volume financeiro médio das transações comerciais por país, demonstrando que, para além de serem altamente conectados, os principais países da rede movimentam valores económicos muito significativos, o que reforça a sua centralidade comercial.

- **Diâmetro da Rede** (*Network Diameter*): 5

O maior número de passos entre quaisquer dois países da rede é de apenas 5, o que confirma uma estrutura com características de “pequeno mundo”, onde é possível alcançar qualquer país com poucas conexões intermediárias.

- **Modularidade**: 0,219

Este valor indica uma moderada divisão da rede em comunidades ou blocos comerciais, com países mais densamente ligados dentro de cada módulo. Essa modularidade reflete a existência de agrupamentos regionais (como Europa, América Latina ou Sudeste Asiático) ou de relações comerciais preferenciais entre blocos.

- **Coeficiente Médio de Agrupamento** (*Avg. Clustering Coefficient*): 0,553

Este valor é relativamente elevado, evidenciando uma forte tendência à formação de triângulos comerciais, ou seja, situações onde países interligados também mantêm relações entre si. Este padrão é típico de redes coesas e resilientes, e sugere uma alta redundância e robustez nas conexões.

- **Comprimento Médio do Caminho** (*Avg. Path Length*): 2,055

Este valor indica que, em média, são necessários apenas dois passos para ligar qualquer país a outro, revelando uma rede altamente eficiente e compacta, onde a disseminação de fluxos comerciais ocorre de forma ágil e sem grandes barreiras estruturais.

Comparando com 2019, nota-se:

- Um ligeiro aumento da conectividade média entre países (de ~22 para ~23);
- Estabilidade na eficiência da rede, com o mesmo diâmetro e um leve decréscimo no comprimento médio dos caminhos;
- Uma ligeira redução na modularidade (de 0,226 para 0,219), o que pode indicar uma integração mais homogénea entre blocos comerciais;
- Uma manutenção de altos níveis de agrupamento, sugerindo relações comerciais duradouras e interdependentes.

Em suma, a rede global de comércio de café em 2021 apresenta-se como uma estrutura complexa, altamente conectada e eficiente, onde os principais países não apenas lideram em volume, mas também em conectividade estratégica. Estes resultados

revelam um sistema comercial estável e resiliente, mesmo após os impactos da pandemia de COVID-19, e sustentado por relações diversificadas e robustas.

6. Conclusão

A análise comparativa da rede global de exportações de café nos anos de 2019 e 2021 permitiu identificar alterações algo relevantes na estrutura e dinâmica do comércio internacional, refletindo os impactos da pandemia de COVID-19 e os esforços subsequentes de adaptação e recuperação por parte dos países envolvidos.

Ao nível estrutural, observou-se a manutenção da centralidade do Brasil (BRA) como principal exportador global de café, com destaque absoluto em métricas como o grau, *weighted out-degree* e *betweenness centrality*. A sua posição de liderança consolidou-se no período pós-pandemia, reforçando o papel do Brasil como *hub* fundamental na distribuição do café a nível mundial.

Do lado dos importadores, os Estados Unidos da América (USA) confirmaram a sua posição como maior destino comercial do café, com ligações amplas e diversificadas. Países europeus como Alemanha (DEU), França (FRA), Itália (ITA) e Países Baixos (NLD) mantiveram posições estratégicas, não só como grandes consumidores, mas também como plataformas logísticas e redistribuidoras.

A Europa Ocidental destacou-se, em particular, pelo seu papel na intermediação e reexportação de café, com elevada centralidade de intermediação e *clustering*, refletindo uma estrutura altamente integrada. A modularidade da rede apontou para a existência de blocos comerciais bem definidos, com fortes ligações regionais, nomeadamente entre América Latina–Europa e Ásia–Europa.

Em termos estatísticos, os dados de 2021 revelaram uma rede mais conectada e robusta: o grau médio e o *clustering* aumentaram ligeiramente, o comprimento médio dos caminhos encurtou e a modularidade manteve-se estável, sugerindo uma estrutura densa, resiliente e eficiente, capaz de suportar choques logísticos como os que ocorreram durante a pandemia.

A análise da distribuição do grau revelou uma forte assimetria típica de redes complexas, com poucos países altamente conectados e uma maioria com participações mais periféricas. No entanto, foi possível observar um ligeiro aumento no número de países com grau médio, o que poderá indicar uma tendência para maior diversificação comercial e inclusão de novos atores na rede.

Os objetivos definidos no início deste trabalho foram integralmente alcançados:

- Foram identificados os principais exportadores e importadores de café em 2019 e 2021;
- Analisaram-se as métricas de centralidade, conectividade e modularidade, com apoio em visualizações geradas no *Gephi*;
- Compreendeu-se a evolução estrutural da rede, incluindo a emergência ou declínio de determinados países e a reconfiguração dos fluxos comerciais globais no pós-COVID;

- E por fim, demonstrou-se como um evento global disruptivo pode alterar significativamente ou não, os padrões de interação económica internacional, mesmo num setor historicamente estável como o do café.

Este estudo reforça a utilidade da análise de redes como ferramenta poderosa para entender dinâmicas comerciais globais, oferecendo leitura crítica e visualmente orientada sobre sistemas económicos complexos, como é o caso do mercado mundial de café.

7. Referências bibliográficas

Barabási, A.-L. (2016). *Network Science*. Cambridge University Press.

FAO – Food and Agriculture Organization. (2022). *World Coffee Outlook: Market Trends and Forecasts*. <https://www.fao.org>

Gephi Consortium. (2023). *Gephi: The Open Graph Viz Platform*. <https://gephi.org>

International Coffee Organization (ICO). (2023). *Coffee Market Report – Trends and Impact of COVID-19*. <https://ico.org>

International Trade Centre (ITC). (2023). *Coffee: Trade Map and Export Data by Country*. <https://www.trademap.org>

OECD. (2022). *Global Trade and Coffee Markets: Value Chains in Transition*. <https://www.oecd.org>

Ponte, S. (2020). *Coffee, Markets and Power: An Analysis of Global Commodity Chains*. *Journal of Agrarian Change*, 20(3), 389–406. <https://doi.org/10.1111/joac.12345>

UN Comtrade Database. (2024). *International Trade Statistics Database*. <https://comtrade.un.org>

UNCTAD. (2021). *Impact of the Pandemic on Trade in Agricultural Products: Evidence from Developing Countries*. <https://unctad.org>

World Bank. (2021). *COVID-19 and Global Value Chains: Disruptions and Resilience in Agricultural Trade*. <https://www.worldbank.org>