

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM PLANEJAMENTO E GESTÃO DE CIDADES

VICTOR LUIZ GONÇALVES SERRA

**INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE COMPLEXIDADE ECONÔMICA PARA O  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E SUA APLICAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE  
PETROLINA**

SÃO PAULO  
2019

VICTOR LUIZ GONÇALVES SERRA

**INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE COMPLEXIDADE ECONÔMICA PARA O  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E SUA APLICAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE  
PETROLINA**

Monografia apresentada ao Programa de  
Educação Continuada da Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Especialista em  
Planejamento e Gestão de Cidades.

Orientador: Sérgio Castelani

SÃO PAULO  
2019

VICTOR LUIZ GONÇALVES SERRA

**INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE COMPLEXIDADE ECONÔMICA PARA O  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E SUA APLICAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE  
PETROLINA**

Monografia apresentada ao Programa de  
Educação Continuada da Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Especialista em  
Planejamento e Gestão de Cidades.

Área de Concentração: Planejamento e  
Gestão de Cidades

Orientador: Sérgio Castelani

SÃO PAULO

2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Sérgio André Castelani pela sua orientação, tutela e constante motivação durante todo o processo de criação do trabalho.

À Datapedia por disponibilizar os dados e informações necessárias para a concretização desta tese, junto com o estímulo para sua realização.

“Sintomas artificiais de prosperidade, ou uma ‘boa imagem’, não revitalizam uma cidade, apenas processos de crescimento econômico explícito, para o qual não há substitutos.”

(Jane Jacobs)

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como finalidade apresentar a teoria da complexidade econômica e como suas aplicações podem ser utilizadas pelos governos locais para promover o desenvolvimento econômico no interior das cidades, aumentando o capital humano e social, melhorando o bem-estar como um todo. Para exemplificação da aplicação teórica, foi utilizado como estudo de caso a cidade de Petrolina. Para isso foi analisado sua atual configuração econômica, social, educacional e urbana, identificado qual o melhor caminho que Petrolina deveria seguir a fim de aumentar a complexidade de sua indústria, e como consequência gerar maior riqueza e bem-estar para a região nordestina e seus habitantes.

Palavras-chave: Economia urbana, Complexidade Econômica, Cidades, Capital Humano, Capital Social, Desenvolvimento Econômico Local, Teoria de Redes, *Product Space*, Produtividade

## **ABSTRACT**

This paper aims to present the theory of Economic Complexity and how its applications can be used by local authorities to promote economic development within cities, increasing human and social capital and improving well-being as a whole. To exemplify the application of the theory, the city of Petrolina was used as a case study. To do so, we analyzed its current economic, social, educational and urban configuration and identified the best paths that Petrolina should follow in order to increase the complexity of its productive capacities, and consequently generate greater wealth and well-being for the Northeastern region and its inhabitants.

**Keywords:** Urban, Economics, Economic Complexity, Cities, Human Capital, Social Capital, Local Economic Development, Network Theory, *Product Space*, Productivity

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histórico da Precipitação anual média de Petrolina a partir de 1955.....	10
Gráfico 2 – Crescimento populacional de Petrolina de 1960 até 2018.....	11
Gráfico 3 – Histórico da taxa de homicídios por 100 mil habitantes, utilizando uma média móvel de 3 anos.....	14
Gráfico 4 – Índice de Gini da renda domiciliar per capita.....	17
Gráfico 5 – Desempenho e Metas no IDEB – Ensino Fundamental II.....	19
Gráfico 6 – Desempenho e Metas no IDEB – Ensino Médio.....	20
Gráfico 7 – Instituições de Ensino Superior por número total de matrículas.....	21
Gráfico 8 – Cursos de Ensino Superior por número total de matrículas.....	22
Gráfico 9 – Atividades econômicas por representação no mercado de trabalho, em número de empregos.....	24
Gráfico 10 – Setor econômico por representação no mercado de trabalho, em número de empregos.....	25
Gráfico 11 – Evolução das atividades econômicas por representação no mercado de trabalho, em número de empregos.....	26
Gráfico 12 – Setor econômico por representação no mercado de trabalho, por massa salarial.....	27
Gráfico 13 – Gráfico de dispersão de países, representado por ubiquidade e diversidade de seus produtos.....	30
Gráfico 14 – Gráfico de dispersão entre as variáveis PIB per Capita e ECI.....	34
Gráfico 15 – Gráfico de comunidades de produtos em relação a complexidade e conectividade.....	39
Gráfico 16 – A estrutura do PIB brasileiro (1947-2004) .....	47
Gráfico 17 – Produtos exportados por Petrolina.....	50
Gráfico 18 – Comunidade de Produtos Exportados por Complexidade e Distância...	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área Contígua e área total de influência da Hidrovia do Rio São Francisco.....	5
Figura 2 – Comparação Topográfica entre a região de São Paulo e Petrolina.....	8
Figura 3 – População nos setores censitários de Petrolina.....	13
Figura 4 – Distribuição da renda domiciliar per capita por setor Censitário.....	17
Figura 5 – Foto de Satélite do Google Maps de Petrolina.....	18
Figura 6 – Localização das Instituições de Ensino Superior.....	21
Figura 7 – Analogia do balde de Lego.....	29
Figura 8 – Ilustração da rede mínima entre três produtos.....	36
Figura 9 – Representação gráfica do <i>Product Space</i> .....	37
Figura 10 – <i>Product Space</i> do Brasil.....	40
Figura 11 – <i>Product Space</i> do Japão.....	41
Figura 12 – Área de Concentração <i>Product Space</i> do Brasil.....	44
Figura 13 – Outra área de Concentração <i>Product Space</i> do Brasil.....	4
Figura 14 – <i>Product Space</i> de Petrolina.....	49
Figura 15 – Comparação dos gráficos contendo os produtos da comunidade gêneros alimentícios de maior valor em ganhos de oportunidade e menor distância.....	52
Figura 16 – Comparação entre os gráficos contendo os produtos da comunidade Derivados Vegetais e Animais de maior valor em ganhos de oportunidade e menor distância.....	53
Figura 17 – Mapa contendo pontos de possível intervenção.....	55
Figura 18 – O ciclo virtuoso da prosperidade econômica viabilizado por aumento da complexidade.....	58

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Ranking das Comunidades de Produtos por Índice de Complexidade Médio.....	43
Tabela 2 – Comunidades de produtos exportados com maior valor.....	52
Tabela 3 – Produtos que melhor se enquadram em situação estratégica em termos de complexidade e distância.....	55

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Conjuntura.....</b>	<b>4</b>
1.1 Geografia.....	4
1.1.1 A Hidrovia do São Francisco.....	4
1.1.2 Relevo e Clima.....	7
1.2. Tendências Sociodemográficas.....	11
1.3 Economia.....	13
1.3.1 Capital Social e sua Distribuição Geográfica.....	13
1.3.2 Capital Humano e sua Distribuição Geográfica.....	18
<b>2. Desenvolvimento Econômico e a Teoria da Complexidade Econômica....</b>	<b>28</b>
2.1 Introdução a Teoria da Complexidade Econômica.....	28
2.2 A Importância da Complexidade Econômica.....	35
2.3 O Espaço do Produto ( <i>Product Space</i> ) .....	36
<b>3. Complexidade Econômica Aplicada – Estudo de Caso de Petrolina.....</b>	<b>47</b>
3.1 Identificação de produtos estratégicos.....	49
3.2 Possíveis prescrições para o desenvolvimento econômico local.....	55
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>60</b>

## INTRODUÇÃO

Uma das regiões urbanas de maior crescimento e dinamismo no mundo é, sem dúvida, a Grande Região de Boston, na costa leste dos Estados Unidos. A cidade apresenta números extraordinários em formação de *startups*, um grande crescimento nos setores ligados a tecnologia de ponta além da formação de novos setores e uma capacidade de retenção e formação de mão de obra qualificada. Essas, porém, nem sempre foram características presentes na descrição de Boston. Durante meados da década de 50, a cidade entrou em declínio quando empresários começaram a sair das zonas industriais, levando consigo suas fábricas, em busca de menor custos de mão de obra no centro-oeste americano, antes de finalmente se alocarem no Sudeste Asiático. Isso levou a cidade a presenciar um grande aumento em desemprego e uma queda na qualidade de vida de seus habitantes (BLUESTONE, 2012).

Boston então respondeu com uma série de projetos de renovação urbana, iniciada em 1958, o que também deu início há uma renovação em seus setores econômicos que se consolidaram e se tornaram, posteriormente, o alicerce para as indústrias de ponta, a partir de 1990.

Por exemplo, a origem do setor de engenharia química de Boston pode ser rastreada diretamente a sua indústria têxtil que havia surgido décadas antes. A origem se inicia com o Instituto de Têxtil Lowell, fundado por donos de fábricas de têxteis a fim de prover às próprias fábricas, educação técnica e pesquisa. Durante a década de 60, frente a uma forte competição de outras indústrias nacionais, as fábricas, junto ao Instituto, optaram por perseguir uma estratégia de transição de fibras naturais para sintéticas. Essa estratégia necessitou de um conhecimento de engenharia avançado e foi acompanhado pela criação de um centro de engenharia química dentro do Instituto. O Instituto posteriormente foi renomeado de Instituto de Tecnologia Lowell e constituiu o maior departamento de engenharia em polímeros do país (BEST, 2018).

O exemplo de Boston e seu setor químico é simplesmente uma ilustração para um conceito mais profundo, não somente tratando de setores econômicos e suas origens,

mas sim do acúmulo de informação e sua aplicação para tecnologias de maior complexidade.

Considere uma pasta de dente, um objeto considerado corriqueiro em nossa rotina diária. Porém, um tubo de pasta de dente é apenas uma pasta dentro de um tubo? Ou a pasta de dente e o tubo que a embala na verdade são a concretização do acesso à informação das propriedades do fluoreto de sódio ou do carbonato de cálcio e suas respectivas sínteses, ou o plástico que é utilizado na embalagem, ou a rosca da tampa que previne o acesso da pasta com o ar? O valor da pasta de dente, ou grande parte dele, está no fato de que ela manifesta o conhecimento humano em eliminação dos germes que causam mau hálito, cárries e inflamações na gengiva (HAUSAMANN, 2013).

Produtos são veículos para o conhecimento, e o processo de materializar este conhecimento em produtos que possamos utilizar, requer pessoas que adquiriram este conhecimento ao longo de sua vida e possam aplicá-los em suas vidas profissionais.

Em uma sociedade, porém, a quantidade de uma tecnologia não depende apenas de quanto conhecimento cada indivíduo possui sobre ela. Fundamentalmente essa quantidade depende na diversidade de conhecimento entre os indivíduos e na habilidade de combinação entre esses diferentes conhecimentos, por meio de complexas redes sociais de interação. As sociedades mais prósperas são sábias, não porque seus cidadãos são intelectualmente brilhantes, mas sim porque estas sociedades contêm uma diversidade de conhecimento e são capazes de recombiná-los a fim de fazer produtos melhores mais complexos.

Essa afirmação pode ser validada tanto para o âmbito das nações, quanto para o âmbito das cidades e regiões metropolitanas. E assim como nações, as cidades variam em relação a quantidade de conhecimento que seus habitantes possuem, assim como os produtos (ou serviços) que elas são capazes de fabricar.

Produtos mais complexos requerem mais conhecimento que uma pessoa é capaz de ter, como é caso da escova de dente. Por isso, apenas diversidade de conhecimento não é o suficiente. É necessário que cidades e países ponham esse conhecimento em uso e sejam capazes de incentivar a criação de redes necessárias para que haja a

distribuição, uso e evolução desse conhecimento, seja pelo emprego de equipes, organizações, sociedades ou mercados (HAUSAMANN, 2013).

Esse trabalho é, em sua essência, um mapa, que poderá ser utilizado por regiões e cidades ao redor do Brasil, caso optem por perseguir uma economia mais evoluída e complexa. Claramente não é uma tarefa fácil, porém seus frutos são mais do que o incentivo necessário para o engajamento de toda os entes envolvidos, sejam eles privados ou públicos.

Na primeira parte do trabalho será introduzido o município de Petrolina, seu contexto geográfico e socioeconômico, juntamente com uma análise da estrutura de seu sistema de ensino, em especial o ensino superior. Em seguida introduziremos o conceito de complexidade econômica, como seus indicadores para regiões e produtos são calculados e sua importância atual para o campo de estudo do desenvolvimento econômico. Na terceira e última parte, veremos a aplicação da teoria para a cidade de Petrolina e como a economia da mesma poderia se beneficiar dessas aplicações e ter sua região urbana desenvolvida como um todo.

Utilizar o município de Petrolina como caso de estudo foi uma decisão movida inicialmente pela localização. O Nordeste, em especial a região do Sertão, sempre foi considerado, na visão comum, como uma região ligada ao atraso e a pobreza. Diversas iniciativas foram montadas para desenvolver a economia da região e atrair investimento, com a grande maioria consideradas frustradas. Uma cidade localizada na região, com uma população expressiva e com um ensino superior já estabelecido, poderia ser o caso ideal para ilustrar o uso de uma nova abordagem, base em evidências e experiências internacionais em diferentes regiões ao redor do globo, que tenham o potencial de oferecer a governos locais as ferramentas para seu próprio sucesso.

## **1. Conjuntura**

### **1.1. Geografia**

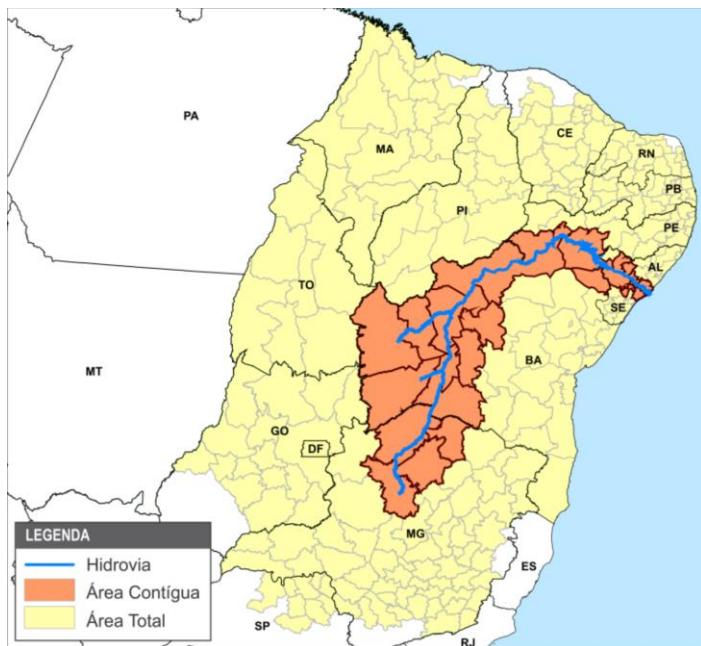
Petrolina é um município localizado no interior do Estado de Pernambuco, este por vez, parte da região Nordeste. Em 2017, sua população foi de aproximadamente 343.200 habitantes, sendo considerado o quinto maior município de Pernambuco.

#### **1.1.1 A Hidrovia São Francisco**

O município se encontra às margens da Hidrovia do São Francisco, considerada uma das conexões intranacionais de maior importância. Sem saída para o Atlântico, em função principalmente das barragens das hidrelétricas presentes na hidrovia, o rio é integrado ao sistema rodoviário e ferroviário da região.

A hidrovia tem se restaurado como opção para a logística de empresas da região Centro-Oeste e Nordeste, no escoamento de suas cargas, especialmente, agrícolas. De acordo com a AHSFRA (2011), dos 2.800 quilômetros de extensão, há dois trechos navegáveis. O primeiro com 1371 quilômetros, entre o município de Pirapora (MG), e o polo econômico de Petrolina (PE)/Juazeiro (BA). O segundo trecho conta com uma extensão de 208 quilômetros, entre Piranhas (AL) e a foz no Mar Atlântico. O trecho de aproximadamente 150 quilômetros entre Petrolina e Santa Maria da Boa Vista (PE) não possui condições ideais de navegação devido ao grande número de pedrais (CHESF, 2019).

**Figura 1 – Área Contígua e área total de influência da Hidrovia do Rio São Francisco**



**Fonte:** ANTAQ, 2013

No Porto de Pirapora em Minas Gerais, onde se inicia o primeiro trecho navegável do Rio, há a possibilidade de alcançar todo o potencial logístico da região Sudeste, por meio da malha ferroviária, cuja concessão pertence à FCA. Como parte do potencial de sua hinterlândia (i.e., área de influência) na Região Sudeste temos o Porto de Santos no Estado de São Paulo e o Porto de Itajaí no estado do Rio de Janeiro.

O porto de Petrolina por sua vez, também pode ser acessado por ferrovia, e pelas rodovias BR-428 e BR-407, que também dão acesso ao Porto de Juazeiro. A ferrovia possui 550 quilômetros de malha que ligam o Pólo de Petrolina e de Juazeiro, com as principais cidades portuárias da Região Nordeste como Recife, Pecém e Salvador, esta última localizada próxima ao Porto de Aratu, importante núcleo exportador de derivados de petróleo (ANTAQ, 2013).

Desde 2012, a hidrovia do São Francisco tem recebido um maior volume de cargas, se tornando principal alternativa para o escoamento das safras das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. O custo do frete tem sido o principal motivo de atração, já que o produtor da região paga em média, R\$ 3.200 via transporte fluvial, comparado com R\$ 4.050 pela mesma carga via transporte rodoviário (GLOBO, 2014).

Em 2013, a hidrovia foi responsável pelo transporte de 24 mil toneladas de grãos, porém a Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia, acredita que o São Francisco tem potencial para escoar 5 milhões de toneladas por ano. Para que a infraestrutura da hidrovia consiga suportar tal capacidade, uma série de ajustes necessitam ser realizados, especialmente em obras como dragagem e aumento da capacidade dos principais portos, ferrovias e rodovias que compõe a área de influência (GLOBO, 2014).

Os portos de Juazeiro e Petrolina são os principais portos da hidrovia, mesmo com o entrave até sua foz no Oceano Atlântico. O Brasil não conta com um sistema de hidrovias muito desenvolvido e utilizado, sendo integralmente dependente do transporte rodoviário. Mesmo com esses fatores, a hidrovia do São Francisco oferece um grande potencial para o escoamento de cargas, principalmente de natureza agrícola e originadas na região Sudeste e Centro-Oeste. Seus principais portos são bem conectados com rodovias e outras hidrovias e sua localização faz com que seja considerado um Rio de Integração Nacional, podendo ser utilizado como meio para o desenvolvimento econômico da região Nordeste. O investimento em infraestrutura, como eclusas dragagens e terminais de carga, também podem tornar a hidrovia navegável para uso comercial de alta intensidade, em todo a sua extensão, oferecendo uma valiosa saída para o mar.

### 1.1.2 Relevo e Clima

O relevo pode ter grandes implicações no desenvolvimento de uma região. Áreas montanhosas por exemplo, em sua própria natureza, podem apresentar entraves para a economia e comércio (SOWELL, 2014).

Antigamente, antes do surgimento dos meios de transporte motorizados, a topografia de determinada área era um dos fatores que determinava o tamanho de uma comunidade, o custo de oportunidade de relações comerciais e a interação com outras culturas (SOWELL, 2014).

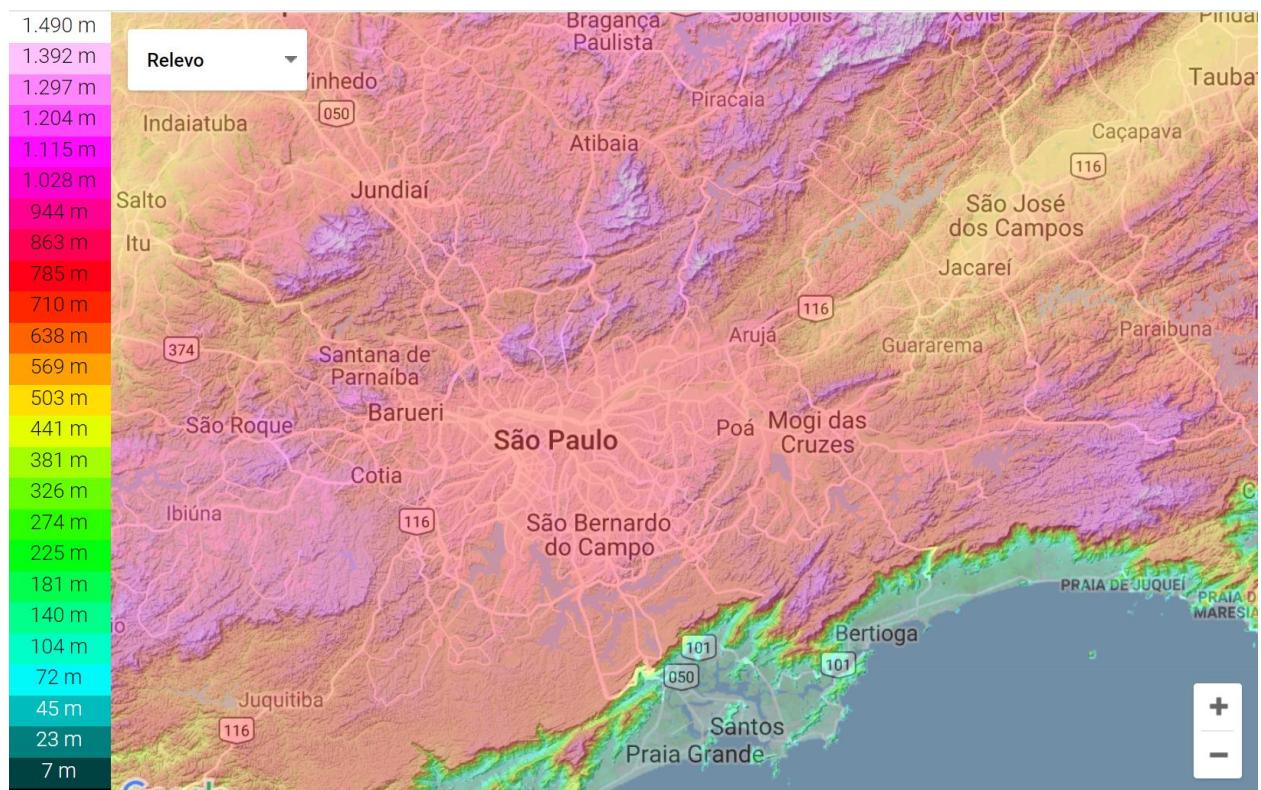
Mesmo nos dias de hoje, tais aspectos topográficos prevalecem e podem impactar nos custos de transporte e expansão de grandes regiões metropolitanas. Construir estradas, sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e distribuição de energia elétrica e comunicação podem se tornar processos extremamente custosos, e muitas vezes financeiramente inviáveis quando almejado por comunidades e cidades de menor população e menor densidade (SOWELL, 2014).

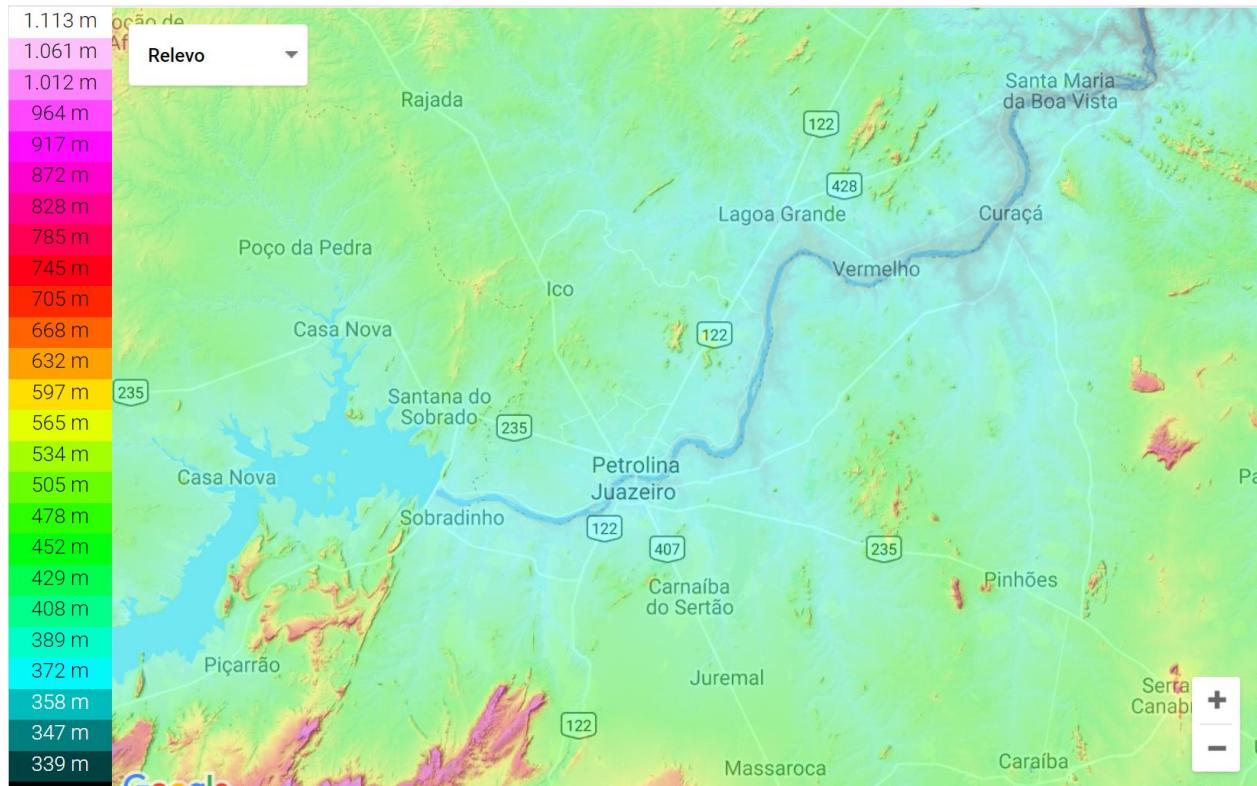
No Brasil tais dificuldades são uma parte de nossa realidade geopolítica. As grandes cidades brasileiras, especialmente no Sudeste, são separadas pela topografia da região. O principal desafio que isso gera é a constituição de economias de escala. Em padrões de desenvolvimentos normais, cidades se formam ao redor de um núcleo de potencial econômico, como uma foz de um rio, ou um ponto de encontro entre outros modais de distribuição. A cidade então se espalha, possivelmente utilizando corredores de menor resistência geográfica, refletindo um maior aproveitamento econômico e menor custos de transporte. Enquanto houver áreas planas a seu redor, a cidade continuar a crescer, impulsionada por uma maior demanda demográfica e por baixos custos. Com o tempo, cidades e centros urbanos ao redor começam a se juntar, possibilitando troca e mobilidade de capital, recursos, mão de obra, infraestrutura e serviços. Tais sinergias geram economias de escala que proliferam, e dão origens as megacidades, capazes de gerar quantidades excessivas de capital, infraestrutura e talvez o mais importante, como discutiremos à frente, capital humano qualificado. Em toda a história vemos esse padrão se repetir, Nova York, Paris, Los Angeles, Tóquio, Londres e mais recentemente Shenzhen (STRATFOR, 2012).

Essa sinergia é um dos fatores que dificulta o desenvolvimento econômico no território brasileiro. As principais cidades brasileiras são forçadas a se desenvolverem em pequenos bolsões de planícies, no alto do Planalto Brasileiro. Enquanto isso, na costa, não há espaço para o desenvolvimento de grandes centros urbanos, uma vez que estes são limitados pela Serra do Mar. Toda a infraestrutura construída em um centro urbano possui dificuldade em ser expandida para outro centro, por causa das limitações topográficas, especialmente entre centros no alto e abaixo do Planalto. É o caso da Rodovia dos Imigrantes. O projeto foi considerado um dos projetos mais caros da história da infraestrutura brasileira, tomando enormes quantidades de financiamento, mão-de-obra e tempo, apenas para conectar Santos a São Paulo, que estão afastadas, por apenas, 50km de distância (STRATFOR, 2012).

A cidade de Petrolina se localiza na Depressão Sertaneja, e sua altitude tem uma variação muito amena. Nos mapas abaixo é possível ver a nítida diferença entre a região metropolitana de São Paulo e a de Petrolina e Juazeiro.

**Figura 2 – Comparação Topográfica entre a região de São Paulo e Petrolina**





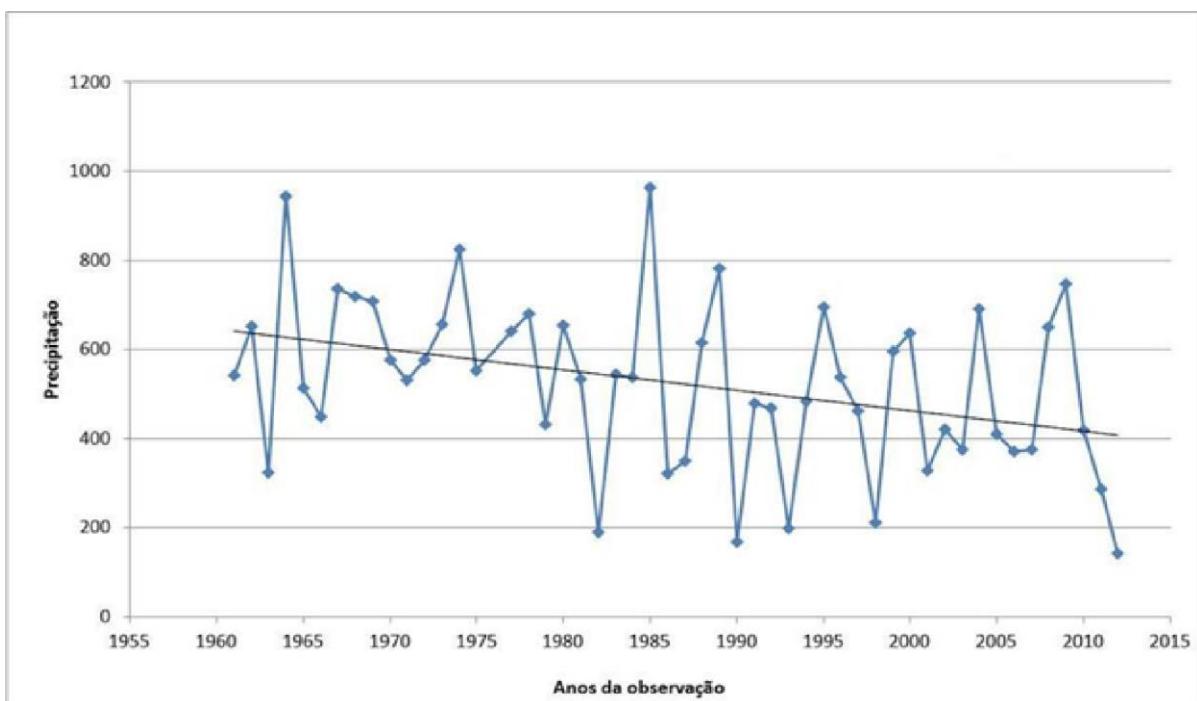
**Fonte:** Open Street Maps, Topography (TOPOGRAPHIC-MAP, 2018)

Um dos intuios desse trabalho é de mostrar o potencial que Petrolina dispõe como catalisador do desenvolvimento econômico na região Nordeste. A geografia, especialmente a topografia são fatores de grande importância que podem amparar a região de altos custos de transporte e permitir o amplo desenvolvimento da mancha urbana.

Como já dito anteriormente, o São Francisco poderia ser uma nova via de escoamento de cargas para o mercado nacional e internacional, dada a construção da infraestrutura necessária. Os terminais portuários de Petrolina e Juazeiro poderiam se expandir facilmente, e ao contrário do porto de Santos, os congestionamentos, atrasos e maior risco no transporte de cargas poderiam ser facilmente mitigados, pois o crescimento do território urbano não seria limitado por sua geografia. Isso ofereceria um custo menor para o transporte, uma vez que a hidrovia oferece um caminho muito mais acessível para o transporte da carga, comparado com a rodovia.

O clima de Petrolina talvez seja seu principal contraponto natural ao desenvolvimento econômico. Classificado como semiárido quente, a região sofre com escassez e irregularidade das chuvas, assim como forte evaporação por conta das altíssimas temperaturas durante o verão. A região é conhecida por ter um dos menores índices pluviométricos do Brasil, e ser alvo de secas de grande duração, com uma tendência de contínua diminuição na precipitação anual, como é possível ver no gráfico 1.

**Gráfico 1 - Histórico da Precipitação anual média de Petrolina a partir de 1955**



**Fonte:** JATOBÁ, 2017

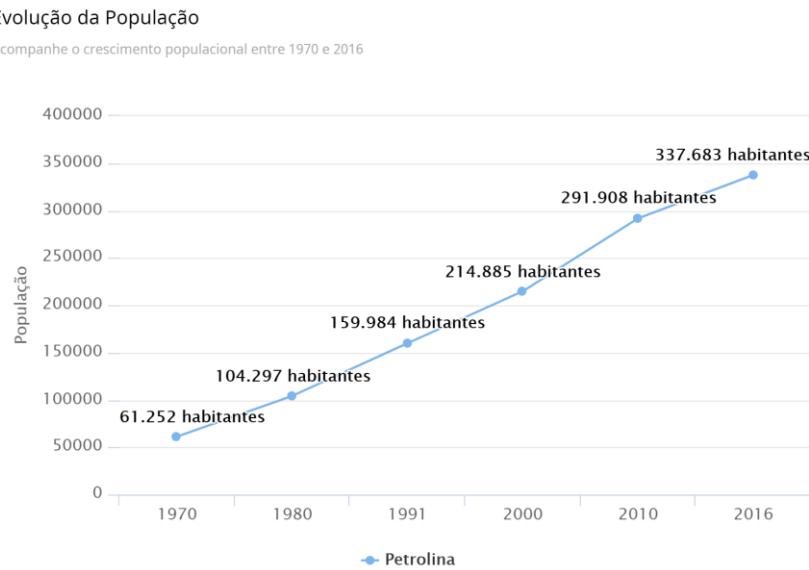
A cidade de Petrolina, mesmo tendo o clima como adversidade conseguiu superá-lo e hoje possui um dos maiores pólos de fruticultura e de tecnologias em irrigação e drenagem no Brasil.

## 1.2. Tendências Sociodemográficas

O município foi fundado em 1870, porém se acredita que povoados já haviam se instalado na região desde 1817. Até 1970 a cidade era considerada apenas uma passagem para o município de Juazeiro e possuía uma baixa importância estratégica para o Estado, contando com uma população de somente 60 mil habitantes (CHESF, 2019).

Na década de 70 e 80, o município testemunhou um grande boom demográfico e econômico que resultou na transformação da cidade. Podemos observar pelo gráfico que a população quase que triplicou durante o período de 1970 até 1990, saltando de 60.000 habitantes para quase 160 mil habitantes.

**Gráfico 2 - Crescimento populacional de Petrolina de 1960 até 2018**



**Fonte:** IBGE, (DATAPEDIA, 2018)

Foram identificadas três grandes forças motoras desse boom econômico. A primeira foi o surgimento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, mais conhecida como Embrapa. A Embrapa tem a missão de viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura. A Empresa surgiu em 1972, e logo após seu surgimento foi inaugurado o campo do Semiárido em Petrolina. O motivo era disseminar as tecnologias agrícolas na região do semiárido, a fim de tornar

pelo menos uma pequena parte da região fértil e disseminar assim a agricultura, especialmente como meio de subsistência para famílias de menor renda. Petrolina, pela sua proximidade ao Rio São Francisco, era candidata ideal por oferecer recursos hídricos ilimitados para as pesquisas.

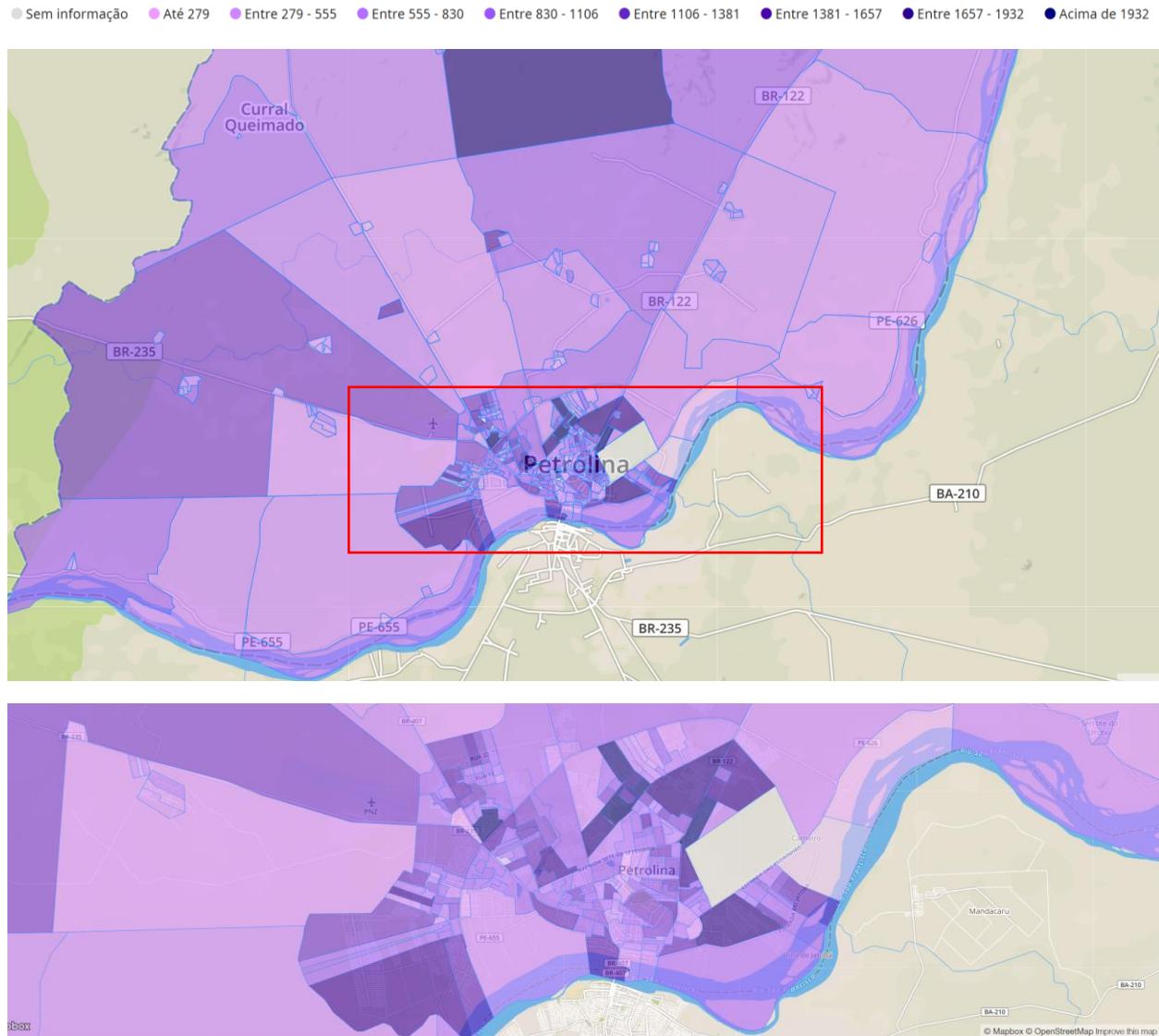
O segundo fator foi a construção da usina hidrelétrica de Sobradinho. Inaugurada em meados de 1980, a usina foi um dos primeiros grandes projetos da região Nordeste. Ela conta com uma potência instalada de 1050 megawatts e representa uma grande parcela na geração de energia da região. A usina também possui uma eclusa, na qual auxilia embarcações, de até determinado porte, a descer para o nível mais baixo, com sua saída localizada nas margens de Petrolina e Juazeiro (CHESF, 2019).

A represa auxiliou no desenvolvimento da região, tanto em seu uso de mão de obra local para as partes primárias da construção, como a geração de energia para a região oferecendo um menor custo de energia elétrica.

O terceiro fator foi a construção das rodovias, em especial a BR-408. Ela possui uma extensão de aproximadamente 1483 km e é considerada uma das maiores rodovias em comprimento no Brasil, cortando três estados, Pernambuco, Bahia e Piauí. A ponte Presidente Dutra é a conexão que conecta as duas bordas do Rio São Francisco, unindo as cidades de Petrolina e Juazeiro e consequentemente seus estados, Pernambuco e Bahia. Essa ponte, que conecta os dois estados, é a mais movimentada do Brasil, trazendo um grande valor econômico para a região.

Na figura 3 podemos visualizar a distribuição de pessoas por entre o território urbano no ano de 2010, utilizando os dados dos setores censitários colhidos no último censo pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Um dos maiores indicativos de alta densidade é a concentração de setores censitários de tamanhos menores, o que nos permite rapidamente identificar o centro urbano de Petrolina.

**Figura 3 - População nos setores censitários de Petrolina**



**Fonte:** Censo de 2010, IBGE (DATAPEDIA, 2018)

### **1.3. Economia**

### **1.3.1 Capital Social e sua Distribuição Geográfica**

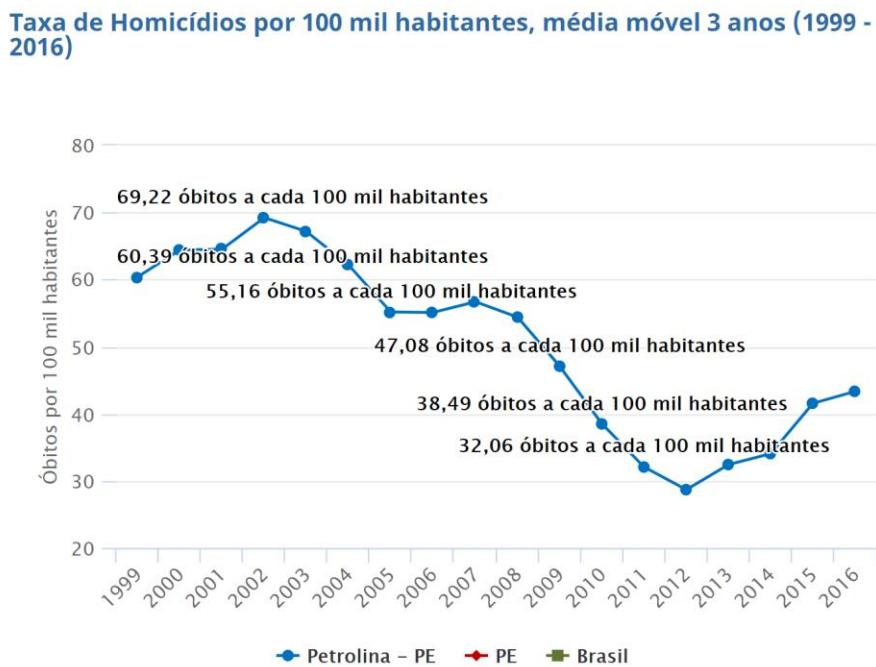
Capital social é um termo associado com recursos, geralmente intangíveis, e a interação entre eles, que tem como consequência a produção de um maior bem social. Essa interação em geral é condicionada pelo comportamento humano e marcada por termos como cooperação, reciprocidade e confiança. O capital social é usado para explicar, em partes, o desenvolvimento econômico, surgimento de firmas, crescimento

em práticas empreendedoras e de maior risco, e em geral uma melhor qualidade de vida (CLARIDGE, 2004).

Um dos maiores consensos em relação ao conceito de capital social é sua dificuldade em medi-lo. Para isso, usaremos indicadores que já foram utilizados em outros estudos e que tem grande difusão nas pesquisas e censos realizados a nível municipal, o que nos permite uma comparação mais precisa com outros municípios. São eles, taxa de homicídios e índice de Gini. A justificativa para esses indicadores é que eles auxiliarão na medição do capital social no âmbito social e econômico, constituindo uma perspectiva geral (CLARIDGE, 2004).

Podemos visualizar a taxa de homicídios de Petrolina no gráfico 3. Ela foi calculada utilizando uma média móvel de 3 anos a fim de amortizar incidentes que poderiam distorcer a real condição do município na questão de violência.

**Gráfico 3 – Histórico da taxa de homicídios por 100 mil habitantes, utilizando uma média móvel de 3 anos**



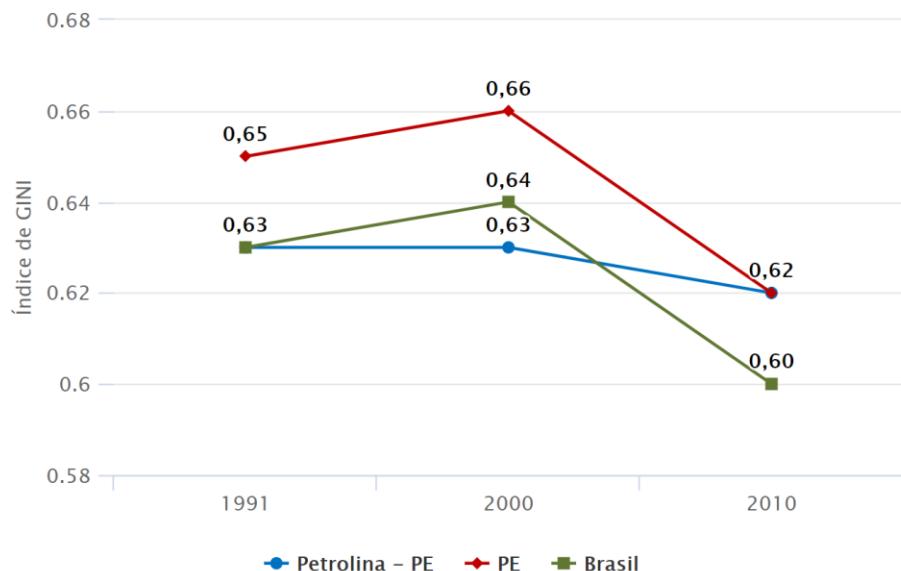
**Fonte:** Datasus (DATAPEDIA, 2018)

De acordo com o Atlas da Violência do Ipea. Em 2016, o Brasil alcançou uma marca histórica de 62.517 homicídios, o que equivale a uma taxa de 30,3 óbitos a cada 100.000 habitantes. A taxa de Petrolina, composta por uma média das taxas dos anos de 2014, 2015 e 2016 foi de 43,34 óbitos a cada 100.000 habitantes. A taxa de Petrolina é considerada relativamente alta para o Estado de Pernambuco. Petrolina se encontra abaixo de Recife, a capital e maior cidade do Estado, que em 2016 apresentou uma taxa de 50,28 óbitos por 100.000 habitantes. Porém, Petrolina está à frente de Jaboatão dos Quararapes e Olinda, o segundo e terceiro maior município de Pernambuco, respectivamente, na qual apresentam 41,48 e 29,86 óbitos por 100.000 habitantes (IPEA, 2017).

O índice de Gini é um indicador utilizado internacionalmente que mede o grau de concentração da distribuição de renda domiciliar per capita. Varia de 0 a 1, sendo 1 uma concentração de renda e desigualdade econômica máxima e 0 sendo uma concentração mínima. Como os dados são coletados a partir da renda familiar, só são disponíveis os dados encontrados nos censos descendais oficiais realizados pelo IBGE. Os resultados estão presentes no gráfico 4.

#### Gráfico 4 - Índice de Gini da renda domiciliar per capita

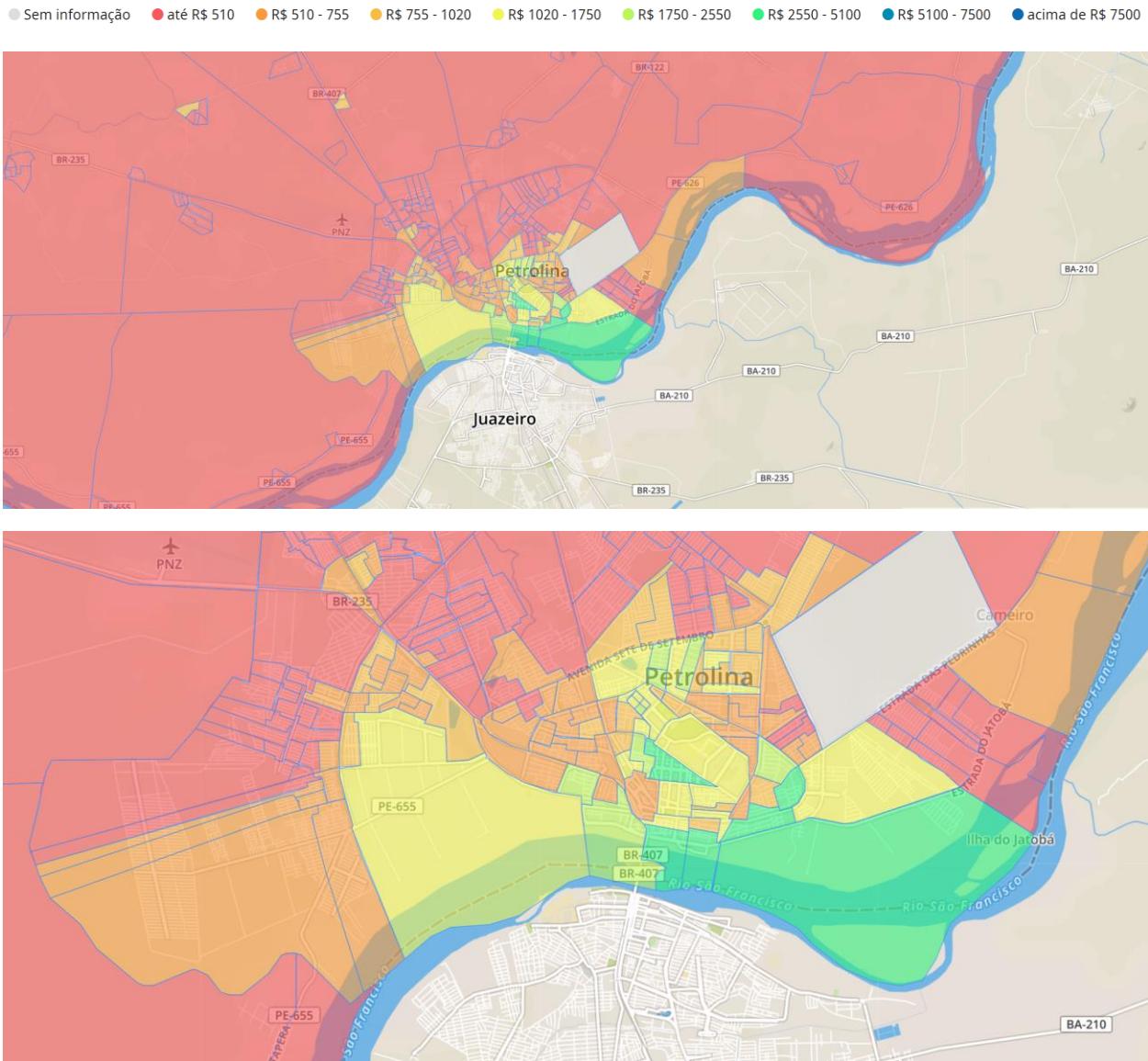
**Índice de gini da renda domiciliar per capita (1991 - 2010)**



**Fonte:** Censo de 2010, IBGE (DATAPEDIA, 2018)

Petrolina possui o mesmo índice de Gini do Estado de Pernambuco, porém estes se encontram acima do índice do país que marca 0,60. Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda apresentaram em 2010 índices de 0,68, 0,58 e 0,55 respectivamente. Podemos identificar geograficamente a concentração de renda, graças a construção de mapas utilizando a malha de setores censitários que o IBGE disponibiliza, disponível na figura 4.

**Figura 4 - Distribuição da renda domiciliar per capita por setor censitário**

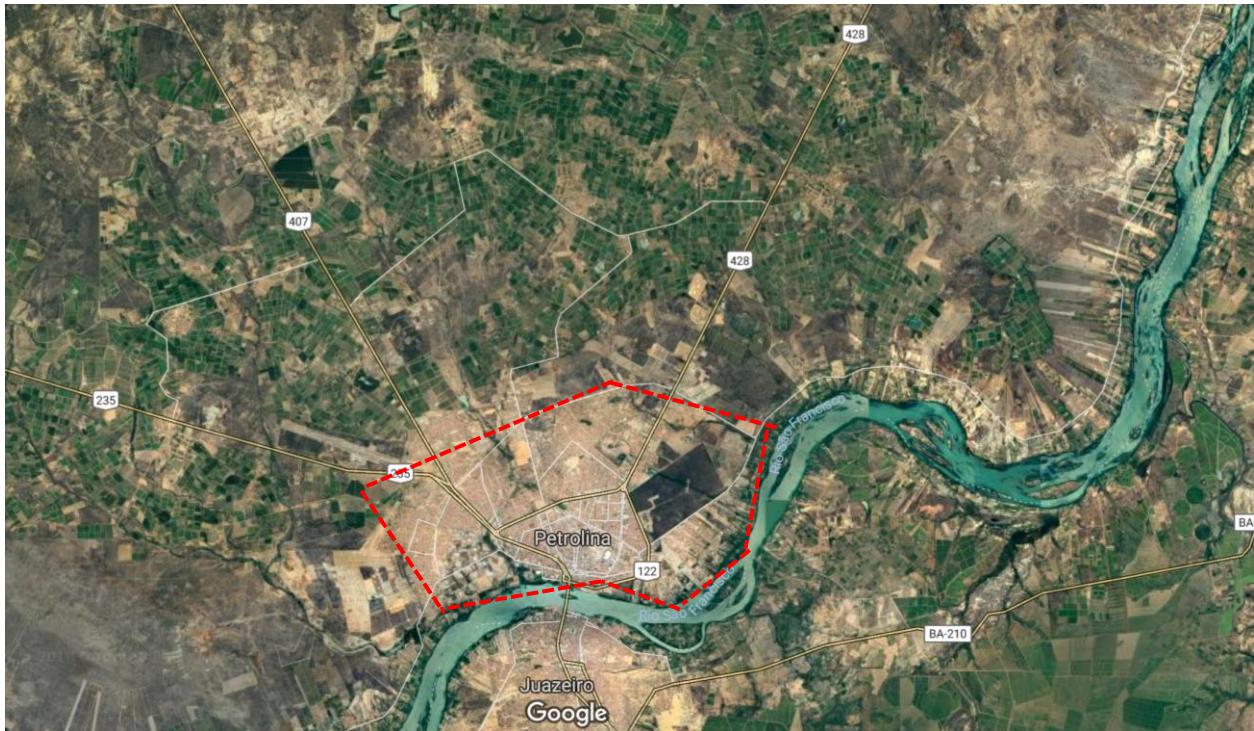


**Fonte:** Censo de 2010, IBGE (DATAPEDIA, 2018)

Observa-se que a concentração de renda está presente no centro da cidade e nas proximidades do Rio São Francisco, nos bairros de Parque Bandeirante, Alto Cheiroso se estendendo até Vila Mocó, sendo estes bairros contornados pela Av. Sete de Setembro, Av. Cardoso de Sá e a Av. Cel. Antônio Honorato Viana. Para constatação, o setor censitário que não apresenta informação é uma zona militar, o 72º Batalhão de Infantaria Motorizado, portanto este não possui dados.

As regiões mais afastadas do centro urbano são utilizadas para agricultura, uma parte essencial da economia de Petrolina. A imagem de satélite apresentada na figura 5 oferece uma boa ideia da divisão da região urbana com as regiões de cultivo. O perímetro urbano aproximado é circulado pelo traçado em vermelho.

**Figura 5 - Foto de Satélite do Google Maps de Petrolina**



**Fonte:** Google Maps

Os indicadores de Petrolina, em contraste com os do restante do Estado de Pernambuco, não são muito favoráveis e devem ser considerados pela administração pública na implantação de políticas públicas futuras, junto à investigação de suas possíveis causas.

### **1.3.2 Capital Humano e sua Distribuição Geográfica**

De acordo com Alain Bertraud, consultor de planejamento urbano, cidades são em sua essência, grandes mercados de trabalho, concentradas geograficamente. Por mais que exista outros aspectos importantes de uma cidade, sem um mercado de trabalho funcional, não há uma cidade. Normalmente quando a população de uma cidade cresce, significa que seu mercado de trabalho cresce. Essa taxa de crescimento é determinada,

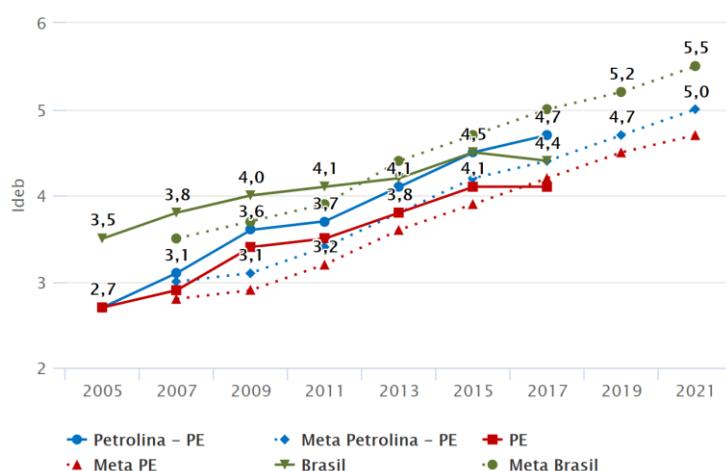
em sua grande parte, por oportunidade econômicas, que por sua vez é determinado pela vantagem comparativa da localização da cidade e a capacidade da população de inovar (BERTRAUD, 2019).

Esse dinamismo está intimamente ligado com a formação de seus profissionais e a qualidade e diversidade de seu ensino superior. O Censo de Ensino Superior, promovido anualmente pelo Ministério da Educação nos oferece os dados necessários para uma análise da condição de Petrolina nos termos de inovação e formação de mão de obra qualificada. Educação de jovens no Ensino Fundamental e Ensino Médio também é de grande importância e serão brevemente analisada aqui.

Para o Ensino Fundamental e Ensino Superior podemos observar o Desempenho e Metas do Índice de Desenvolvimento de Educação Básica (IDEB), oferecido pelo INEP. O IDEB avalia dos conceitos importantes: o fluxo escolar e o desempenho nas avaliações. Seu cálculo é feito utilizando as médias das notas das provas de língua portuguesa e matemática, multiplicada pelas taxas de aprovação das séries de cada etapa (ensino fundamental I, ensino fundamental II e ensino médio). Nos gráficos 5 e 6 pode-se observar os desempenhos de Petrolina no ensino fundamental II e no ensino médio.

**Gráfico 5 – Desempenho e Metas no IDEB – Ensino Fundamental II**

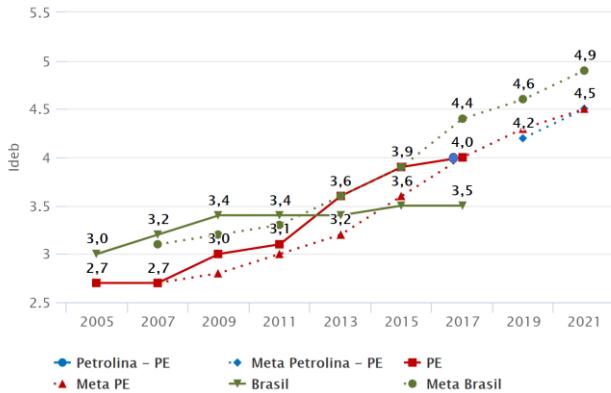
Desempenho e Metas no IDEB – Ensino Fundamental II (6<sup>a</sup> ao 9<sup>a</sup> ano)  
(2005 - 2017)



**Fonte:** Inep, 2017 (DATAPEDIA,2018)

### Gráfico 6 – Desempenho e Metas no IDEB – Ensino Médio

Desempenho e Metas no IDEB – Ensino Médio (2005 - 2017)

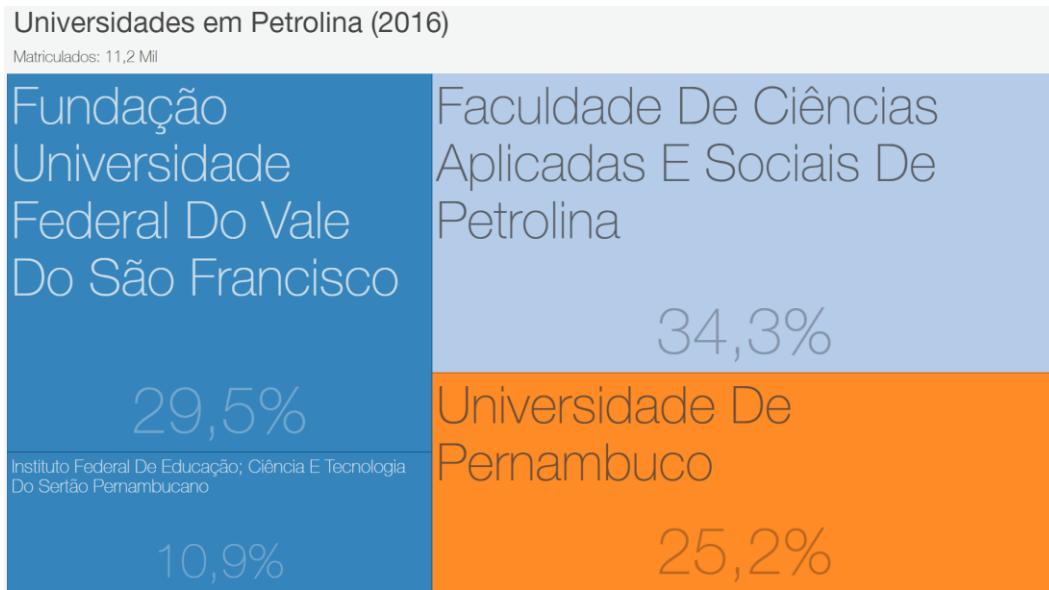


Fonte: Inep, 2017 (DATAPEDIA,2018)

Petrolina aparece como um município bem colocado frente a seu respectivo Estado, com o IDEB do Ensino Fundamental II acima do IDEB de Pernambuco e Brasil. Já no Ensino Médio ele se posiciona empatado com o IDEB de Pernambuco (o marcador aparece com posição similar o que pode dificultar a visualização) e bem acima do IDEB Brasil.

De acordo com o Censo de Ensino Superior de 2016 a totalidade de matrículas nas universidades e faculdades de Petrolina é de 11.200. São quatro grandes instituições de Ensino Superior: Faculdade de Ciências Aplicadas E Sociais De Petrolina, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Universidade de Pernambuco e Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Sertão Pernambucano. O gráfico 7 apresenta a distribuição de matriculas entre as instituições (DATAVIVA, 2017).

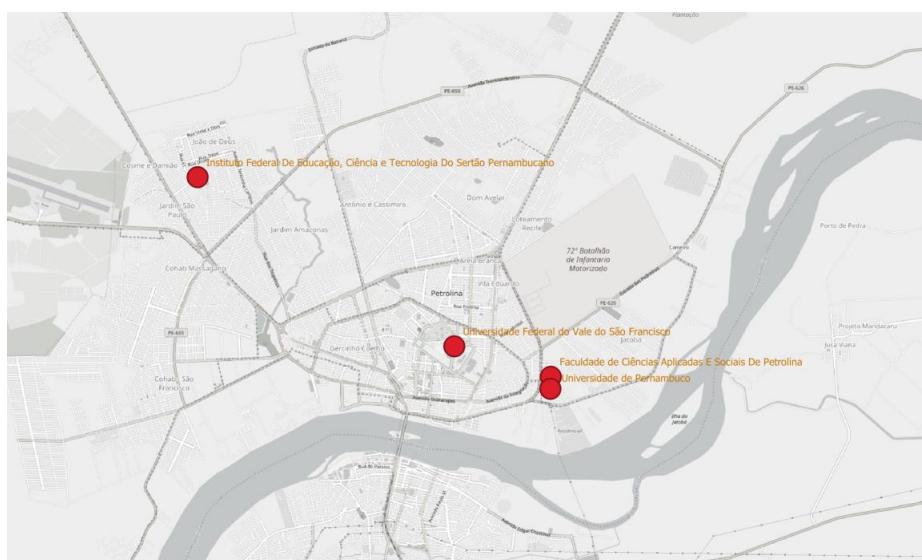
### Gráfico 7 – Instituições de Ensino Superior por número total de matrículas



**Fonte:** Censo de Ensino Superior (DATAVIVA, 2018)

A localização das instituições pode ser vista no mapa apresentado na figura 6 abaixo:

### Figura 6 – Localização das Instituições de Ensino Superior

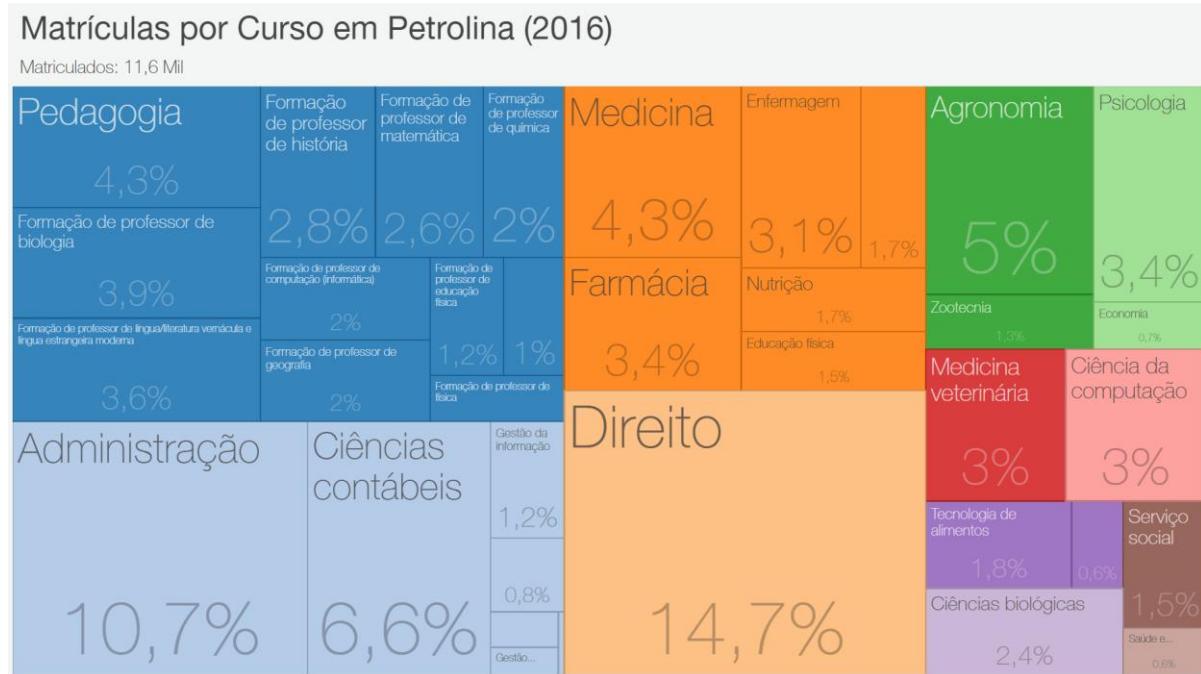


**Fonte:** Autoria própria

As instituições de ensino superior estão concentradas no centro, sendo as três universidades principais agrupadas a uma distância menor que 2km uma da outra. Como já vimos anteriormente, isso é condizente com a distribuição da população na cidade, especialmente no território urbano mais adensado.

O Censo também oferece os dados relacionados aos cursos, com sua distribuição representada no gráfico 8:

**Gráfico 8 – Cursos de Ensino Superior por número total de matrículas**



**Fonte:** Censo de Ensino Superior (DATAVIVA, 2018)

Nota-se que as matrículas estão concentradas em cursos relacionados à educação e negócios. Não há muitos cursos relacionados a ciências exatas, como Engenharia, Química e Física. Essa ausência de diversidade dos cursos pode tornar o ambiente econômico pouco dinâmico e empresas atreladas a esses campos com maior requerimento no manuseio de tecnologias podem sofrer com o possível gargalo profissional.

De acordo com o economista Enrico Moretti é importante para uma cidade que sua economia tenha capacidade de inovação, componentes produtivos únicos e de difícil reprodução. Sua pesquisa, realizada nos Estados Unidos e utilizando os dados americanos, mostra que um trabalho dentro de um setor considerado inovador, tem um potencial multiplicador local de criar 5 novos empregos, o maior potencial estimado entre os trabalhos disponíveis no mercado. Um setor econômico inovador se refere a atividades que fazem uso intensivo do capital humano e da capacidade criativa, como Tecnologia e Informação, Ciências Biológicas, Engenharia e Novos Materiais (MORETTI, 2013). No Brasil ainda não se sabe o potencial multiplicador de um trabalho em um setor caracterizado como inovador, porém isso é uma tendência mundial e deve ser considerado para o desenvolvimento econômico de todos os centros urbanos.

### **1.3.3 Composição Setorial**

Petrolina é internacionalmente conhecida pela qualidade de suas uvas, e como esperado a participação do cultivo da fruta em sua economia é destaque. Abaixo, no gráfico 9, podemos ver a distribuição das atividades econômicas de Petrolina por número de empregos:

### **Gráfico 9 - Atividades econômicas por representação no mercado de trabalho, em número de empregos**

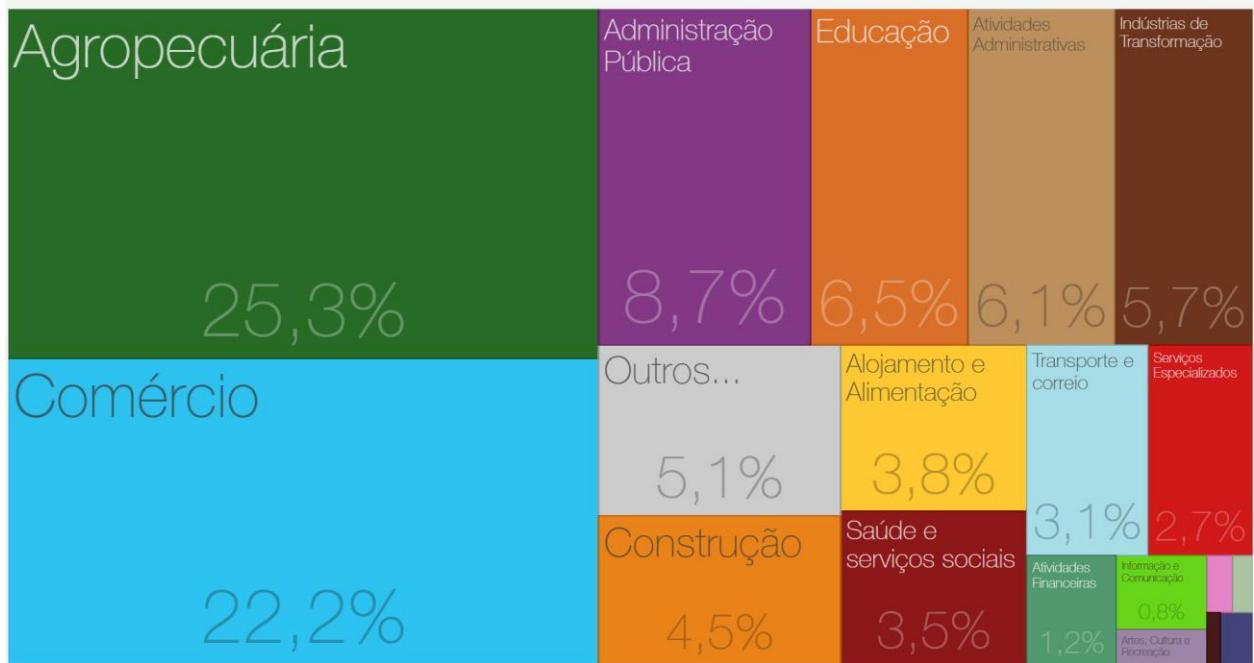


**Fonte:** RAIS (DATAVIVA, 2018)

Atividades relacionadas ao cultivo de frutas correspondem a quase um quarto do número de empregos de Petrolina, o que representa quase 17 mil empregos no município, enquanto que Administração Pública em Geral corresponde a 8,3% do total de empregos. No gráfico 10, onde há uma agregação das atividades por setor, pode-se visualizar uma baixa participação de Indústrias de Transformação no mercado de trabalho de Petrolina, na qual seu papel será discutido mais à frente. O Comércio também ocupa uma grande posição na geração de empregos com 22.2%, grande parte atribuída ao varejo (DATAVIVA, 2018). O gráfico 11 abaixo mostra a evolução dos setores a partir de 2003.

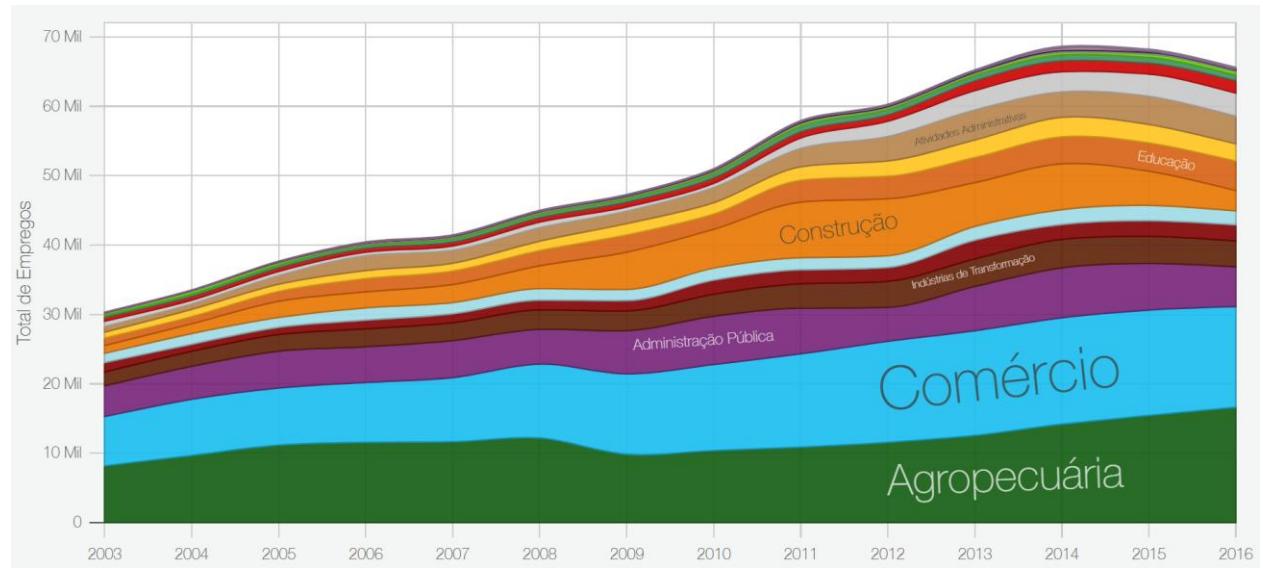
**Gráfico 10 – Setor econômico por representação no mercado de trabalho, em número de empregos**

Empregos: 65,6 Mil



**Fonte:** RAIS (DATAVIVA, 2018)

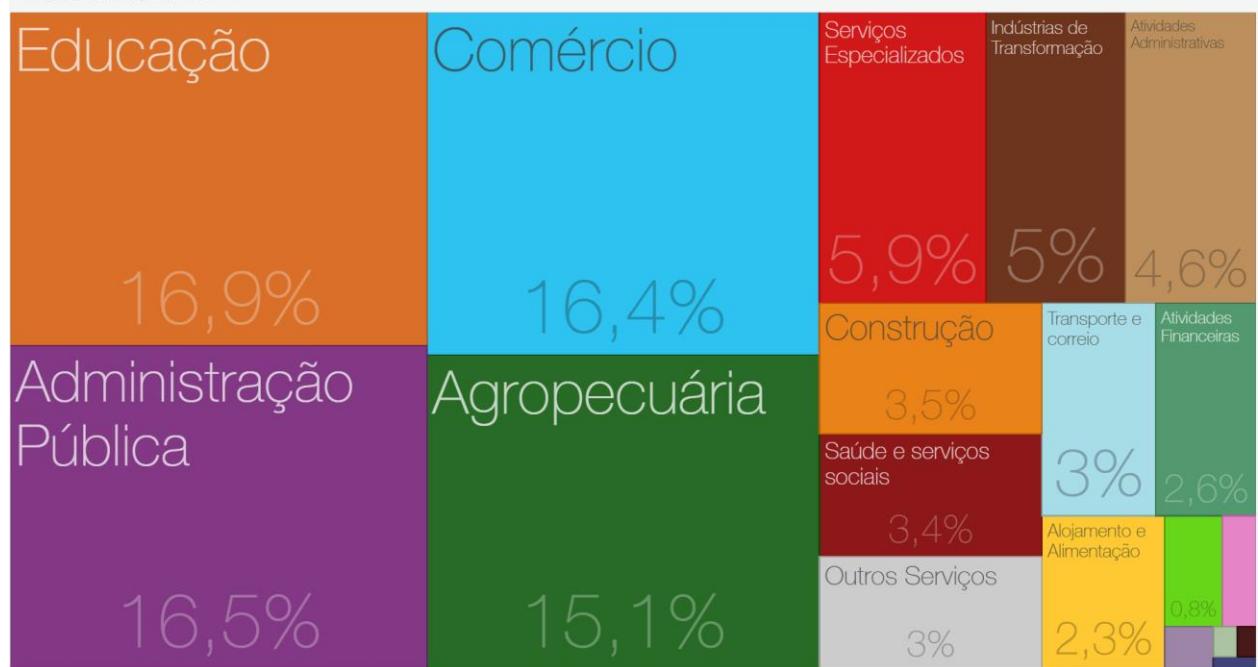
**Gráfico 11 – Evolução das atividades econômicas por representação no mercado de trabalho, em número de empregos**



**Fonte:** RAIS (DATAVIVA, 2018)

**Gráfico 12 – Setor econômico por representação no mercado de trabalho, por massa salarial**

Massa Salarial: \$124 M BRL



**Fonte:** RAIS (DATAVIVA, 2018)

Ao comparar massa salarial com quantidade de empregos das atividades setoriais vemos uma grande diferença. Educação, com apenas 6,5% do total de empregos representa quase 17% da massa salarial, muito disso sendo associado com profissionais de ensino superior, incluindo cursos de pós-graduação.

## 2. Desenvolvimento Econômico por meio da Teoria da Complexidade Econômica

### 2.1 Introdução a Teoria da Complexidade Econômica

Desde a revolução industrial, o termo desenvolvimento tem sido em parte referenciado para descrever uma grande expansão das economias em questões de produção, consumo, renda e inovação. Isso é comprovado pelo fato que desde o início da Revolução Industrial ocorreu também uma melhora na qualidade de vida em todas as regiões do globo. Curas para doenças foram descobertas, fome não é mais um grande problema como antigamente se via, mortalidade infantil e materna foram erradicados em uma grande escala, a expectativa de vida de grande parte da população continua a aumentar, novas tecnologias surgiram a fim de nos possibilitar um maior controle sobre os processos naturais, entre diversos outros fatores de melhora, mesmo com nossa população se dirigindo aos 10 bilhões de pessoas no planeta (HARTMAN, 2014).

O termo desenvolvimento, portanto se tornou informalmente associado com a expressão “crescimento econômico”. Com isso a pergunta passou a ser reformulada em um sentido comparativo, como: “quais foram as medidas adotadas por regiões ricas e com exemplar crescimento econômico e será que elas podem servir de lição para outras regiões menos desenvolvidas?” (HARTMAN, 2014).

Desde o surgimento da economia como uma ciência social, economistas tentaram responder tal pergunta com a construção de diversos modelos, na busca por fatores de estimulação do crescimento e sua consequentemente injeção nas economias modernas.

Nos últimos vinte anos, inovação e dinamismo passaram a ser palavras cada vez mais presentes nos vocabulários de políticos comprometidos com o crescimento econômico. Investimentos têm sido direcionados progressivamente para inovação, especialmente em indústrias de alta tecnologia, a fim de regiões terem uma chance de competir no mercado mundial, talvez mais do que apenas com seus produtos, mas também em questões de atração de capital humano especializado (HARTMAN, 2014).

Não basta, porém apenas investir na oferta de capacidade humana mais qualificada no mercado de trabalho, pois isso não significa que automaticamente a

demandas irá surgir como consequência. Sem a criação paralela de demanda econômica e oportunidades, a expansão de longo prazo de capacidade humana em uma determinada região pode ser freada pela falta de emprego que o utilize, como consequência poderão ser observados movimentos migratórios dessa mão de obra e perda de competitividade da região, ou popularmente, plantar para que outros possam colher. É necessário, portanto, que políticas industriais e de inovação complementem políticas de desenvolvimento humano daquela região (HARTMAN, 2014).

Porém algo continua a se ausentar, tanto nos discursos políticos como nos modelos econométricos, neste último em menor nível. Eis que entra o conceito de complexidade econômica. Nos últimos anos já foram desenvolvidos estudos econômicos que incluem a suposição que a variedade de inputs que entram na produção de um país afeta a sua produtividade como um todo. Porém, poucos tentaram suportar estas suposições com dados reais.

Para entender complexidade econômica podemos fazer uma analogia com um balde de peças de Lego. Podemos pensar em um produto como uma única peça de lego, e o país como um balde contendo milhares de peças. Países poderão criar produtos mais elaborados com todas suas capacidades necessárias, assim como uma criança pode produzir um modelo de lego se o balde da criança contém todas as peças necessárias. Usando essa analogia a questão de complexidade econômica é equivalente a perguntar se podemos inferir propriedades como a diversidade e exclusividade das peças de lego dentro do balde da criança somente olhando para os modelos criados pelos respectivos baldes. Outro fator que deve entrar em nossa analogia é o comércio internacional. No caso da analogia, isso seria comparado à capacidade da criança de vender os modelos finalizados.

Continuando com o uso de nossa analogia, baldes de lego que possuem maior diversidade de peças poderão criar mais combinações como carros, bases, casas, robôs, etc. Essa combinação dependerá apenas da criatividade da criança, isto é, know-how, em combinar essas peças de maneira que as satisfaça. Portanto podemos esperar uma grande diversidade de combinações entre as peças e consequentemente modelos mais elaborados que uma criança pode criar com seu balde de peças (os produtos de uma

economia), utilizando sua criatividade e as instruções de montagem que ela consegue adquirir (know-how, conhecimento). Combinações mais complexas tenderão a ser mais raras, já que elas só podem ser realizadas por crianças que possuam baldes com uma grande diversidade de peças, enquanto construções mais simples tenderão a ser mais comuns, como é o caso da figura 7, onde uma simples casa requer peças mais comuns encontradas em praticamente todos os baldes de lego. Já a espaçonave precisa de diversas peças específicas que não são comuns, além de um conhecimento mais avançado para sua construção.

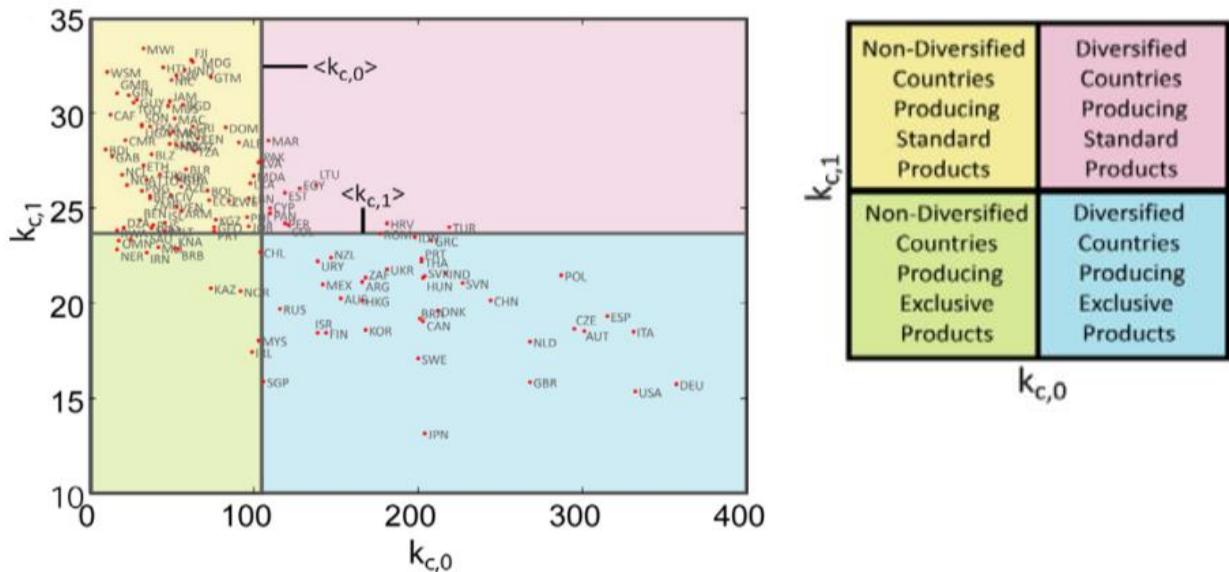
**Figura 7 - Analogia do balde de Lego**



**Fonte:** Autoria Própria

Portanto deve haver uma correlação inversa entre a diversidade de produtos no país e a presença de produtos ubíquos, comuns, ordinários, já que ambos são medidas da capacidade de produção de um país (HAUSMANN, 2014). Ou seja, no caso da montagem da espaçonave, poucos baldes contém as peças necessárias para monta-lo e, portanto, é esperado que haja uma relação inversa entre diversidade e ubiquidade, já que diversidade gera produtos menos comuns, pois permite mais combinações. No gráfico 13 vemos que essa relação negativa de fato existe nas economias mundiais, onde ( $k_{c,1}$  é uma medida de ubiquidade de produtos exportados e  $k_{c,0}$  é uma medida de diversidade dos produtos exportados.

**Gráfico 13 - Gráfico de dispersão de países, representado por ubiquidade e diversidade de seus produtos**



**Fonte:** HIDALGO, 2013

Em princípio toda a análise matemática presente neste trabalho é intuitiva e baseada em dados simples e amplamente disponíveis. Os dados se resumem na quantidade de produtos exportados para cada país, utilizando os dados de comércio da OMC, que segue a padronização do Sistema Harmonizado (em inglês, *Harmonized System*), na qual contém a classificação de mais de 5000 produtos ativos no comércio internacional. Com esses dados é construída uma matriz  $X = [x_{cp}]$  conectando países e seus produtos exportados.  $X_{cp}$  expressa a quantidade do produto  $p$  exportado pelo país  $c$ . Com isso, uma nova matriz  $M$  é montada, esta por sua vez sendo binária (valores de 0 ou 1) respeitando o seguinte modelo:

$$M_{cp} = \begin{cases} 0 & \text{se } x_{cp} = 0, \\ 1 & \text{se } x_{cp} > 0 \end{cases}$$

Eis que introduzimos as duas principais variáveis para a medição de complexidade econômica: Diversidade ( $k_{c,0}$ ) e Ubiquidade ( $k_{c,1}$ ). Sendo  $M_{cp}$ , uma matriz na qual indica que o produto  $p$  é produzido pelo país  $c$ , diversidade e ubiquidade, portanto são simplesmente a soma das fileiras ou colunas de um determinado país ou produto (HAUSMANN, 2013).

Na figura abaixo podemos ver o cálculo para ambas:

$$\text{Diversidade} = k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (1)$$

$$\text{Ubiquidade} = k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (2)$$

A fim de gerar uma medida mais precisa do número de capacidades disponíveis em uma economia, ou daquelas requeridas por um produto, devemos corrigir a informação de diversidade de ubiquidade utilizando uma medida para corrigir a outra. Para um determinado país, isso requer calcular a ubiquidade média dos produtos que ele exporta, e a diversidade média dos países que também fazem cada um de seus produtos exportados. Já para um determinado produto isso requer calcular a diversidade média dos países que o produzem e a ubiquidade média dos produtos que esses países adicionalmente exportam. Essa recursão fornece uma maior precisão pois tende a minimizar erros de imperfeição na medição de capacidades. Por exemplo, diamantes possuem baixa ubiquidade, ou seja, poucos países exportam diamantes, porém isso não é por uma questão de diamantes serem produtos altamente complexos. Essa baixa ubiquidade se deve ao fato da localização geográfica de um país e disponibilidade de minas de diamante dentro de seu território (INOUA, 2016). A utilização de uma medida para corrigir a outra faz com que essa distorção se minimize e não interfira em uma

medida real da capacidade produtiva e da complexidade. Com essa correção temos, portanto, as novas equações:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,o}} \sum_p M_{cp} \cdot k_{p,N-1} \quad (3)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,o}} \sum_c M_{cp} \cdot k_{c,N-1} \quad (4)$$

Com isso podemos inserir uma equação na outra, obtendo a seguinte equação:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,o}} \sum_p M_{cp} \cdot \frac{1}{k_{p,o}} \sum_{c'} M_{cp} \cdot k_{c',N-2} \quad (5)$$

$$k_{c,N} = \sum_{c'} k_{c',N-2} \cdot \sum \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,o} k_{p,o}} \quad (6)$$

A equação pode ser reescrita como:

$$k_{c,N} = \sum_{c'} \widetilde{M_{cc'}} \cdot k_{c',N-2} \quad (7)$$

Onde:

$$\widetilde{M_{cc'}} = \sum \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,o} k_{p,o}} \quad (8)$$

Nota-se que a equação 7 é satisfeita quando  $k_{c',N-2} = k_{c,N} = 1$ . Isso corresponde ao autovetor de  $\widetilde{M_{cc'}}$ , na qual é associado com o maior autovalor. Como

esse autovetor é um vetor contendo apenas 1, ele não é informativo. É selecionado, portanto, o autovetor associado com o segundo maior autovalor. Esse é o autovetor que consegue capturar a maior quantidade de variância no sistema e é, portanto, a principal medida de complexidade econômica. Com isso o Índice de Complexidade Econômica (ECI em inglês) é definido como:

$$ECI = \frac{\vec{K} - \langle \vec{K} \rangle}{STDEV(\vec{K})} \quad (9)$$

Onde  $\langle \cdot \rangle$  representa uma média do vetor, e STDEV representa o desvio padrão do vetor, sendo:

$\vec{K}$  = Autovetor de  $\widetilde{M_{cc'}}$ , associado com o segundo maior autovalor.

Analogamente, devido a simetria da questão podemos definir o Índice de Complexidade do Produto (PCI em inglês), simplesmente alterando o índice de países ( $k_{c,N}$ ) pelo de produtos ( $k_{p,N}$ ) na equação 5. Assim temos:

$$PCI = \frac{\vec{Q} - \langle \vec{Q} \rangle}{STDEV(\vec{Q})} \quad (10)$$

Sendo:

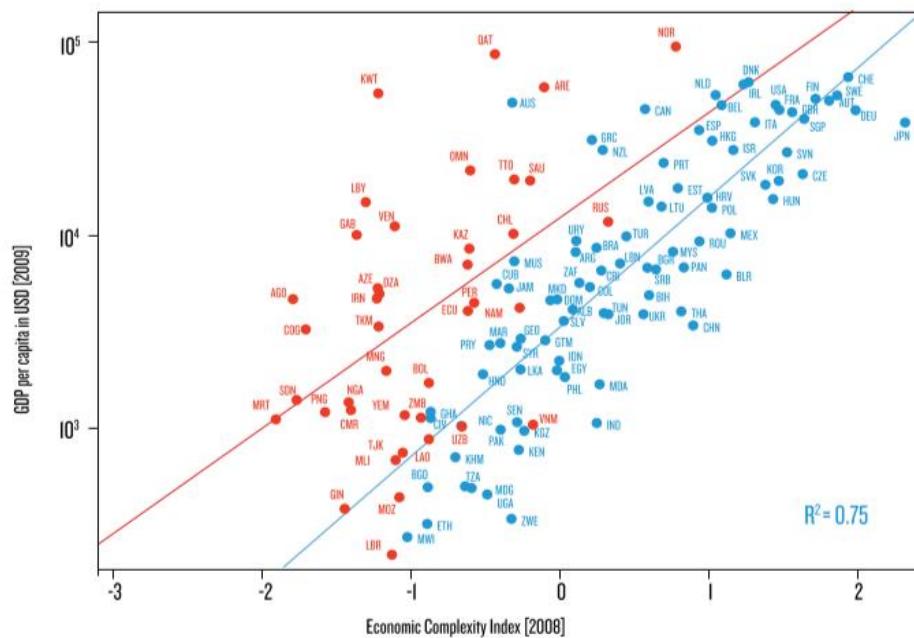
$\vec{Q}$  = Autovetor de  $\widetilde{M_{pp'}}$ , associado com o segundo maior autovalor.

O PCI é número que captura o quanto de conhecimento produtivo aquele produto requer para sua materialização. Já o ECI é um número que identifica para um país o quanto o mesmo possui em conhecimento produtivo. Países com alto ECI tem uma gama diversificada de exportações que incluem, em média, um número maior de produtos com alto PCI.

## 2.2 A importância da Complexidade Econômica

Porque o conceito de Complexidade Econômica é importante para a economia? O ECI não apenas carrega informação do conhecimento produtivo de países e regiões mas também têm implicações para o futuro crescimento econômico e seus níveis de prosperidade atual. Se controlado pela renda gerada por atividades extrativistas, nas quais são dependentes da geografia do país e não do know-how, a complexidade econômica, nesse caso medido pelo ECI, pode explicar em até 75% ( $R^2$ ) a variação de renda de um conjunto de 128 países. No gráfico 13 abaixo, os pontos em vermelho são economias onde recursos naturais representam 10% ou mais das exportações. O resto da amostra é representado pela cor azul (HAUSMANN, 2013).

**Gráfico 14: Gráfico de dispersão entre as variáveis PIB per Capita e ECI**



Fonte: The Atlas of Economic Complexity (HAUSMANN, 2013)

Aqui a questão não é somente de correlação. A relação do nível de renda e complexidade vai muito além de um  $R^2$  relevante. Países em que a complexidade econômica é maior do que o esperado, dado seu nível de renda, tendem a crescer mais rápido que aqueles que são considerados “muito ricos” para seu nível de complexidade.

atual. Esse fato é importante porque nos permite concluir que complexidade econômica não é apenas um sintoma ou uma expressão da prosperidade, mas sim um motor, uma causa (HAUSMANN, 2013).

É importante notar que o ECI não diz respeito a políticas públicas de crescimento econômico voltados à exportação. Por mais que o ECI utilize dados de exportação em sua construção, o canal pelo qual o ECI contribui para o crescimento futuro não está limitado ao impacto no crescimento das importações. A construção do ECI pretende capturar dados da capacidade produtiva de um país. Os dados que melhor refletem o estado dessa capacidade para as economias dos países são os dados de exportação, que tem uma grande abrangência na classificação dos produtos exportados. Nesse sentido o ECI também não se trata de uma maior abertura do mercado nacional ao comércio mundial, uma vez que um alto ECI não é relacionado a proporção do superávit na balança comercial em proporção a seu PIB.

No atlas da Complexidade, obra basal na Teoria da Complexidade Econômica, Hidalgo e Hausmann compararam o ECI a outros nove indicadores utilizados mundialmente como comparativos de prosperidade econômica de um país. Foram eles: Estabilidade Política, Participação Democrática, Estado de Direito, Qualidade Regulatória, Eficácia Governamental, Controle de Corrupção, Anos de Estudo, Habilidades Cognitivas e o Índice de Competitividade Global (GCI). A conclusão do estudo foi que o ECI capturou de maneira significativa mais informações relevantes para com a explicação do crescimento econômico de um determinado país do que os outros seis indicadores, tanto em uso individual como de forma combinada.

### **2.3 O Espaço do Produto (*Product Space*)**

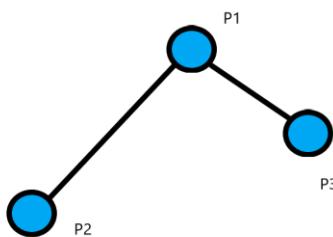
Como foi dito, a complexidade de um país reflete a quantidade de conhecimento produtivo que um país contém. Esse conhecimento é custoso em adquirir e transferir, e pode ser modularizado em pedaços que são chamados de capacidades. Capacidades são difíceis de acumular pois, nesse acúmulo ocorre a criação de um clássico problema, do ovo e da galinha. De um lado, países não podem criar produtos que requerem capacidades que sua sociedade ainda não possui. Do outro, há pouquíssimos incentivos

a fim de acumular capacidades para indústrias que ainda não tem demanda dentro da economia do país (HAUSMANN, 2013).

Para resolver essa questão, países tendem a se mover a partir de produtos que eles já produzem para novos produtos que são próximos em questão de capacidades e conhecimento requerido para sua produção. Por exemplo, um país que já é exportador de camisetas pode desenvolver uma nova indústria de blusas com mais facilidade do que uma indústria de motores para carro.

Assim, uma implicação dessa hipótese é que países se diversificam com base nos produtos que já produzem atualmente, avançando para outros que requerem um conhecimento produtivo similar. Hausmann e Kilner investigaram essa hipótese e com base em seus estudos formularam o conceito de *Product Space*, no qual a distância entre produtos é uma medida da diferença do conhecimento produtivo requerido para produzi-lo. Portanto, caso uma distância seja muito próxima, países poderão realizar esse novo produto sem muitas dificuldades técnicas. A figura 8 abaixo simplifica esse entendimento (HIDALGO, 2007).

**Figura 8 - Ilustração da rede mínima entre três produtos**

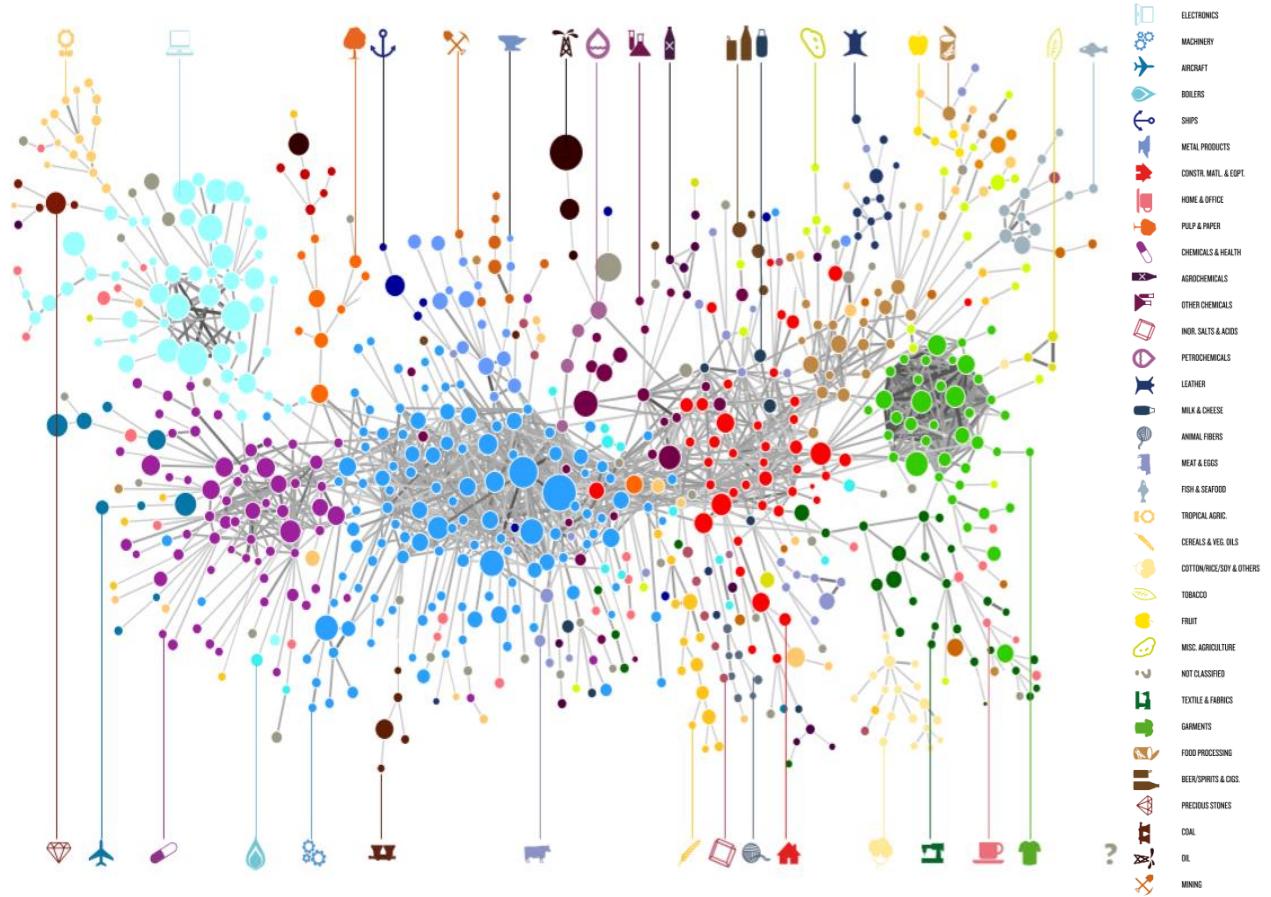


**Fonte:** Autoria Própria

Sendo P1 um produto inicial, que já é produzido por uma economia, o P3 é um produto com um diferencial produtivo menor quando comparado com P2. Esse diferencial é ilustrado pelo tamanho da conexão, também chamado de laço dentro da Teoria de Redes. Ou seja, dada a configuração inicial da produtividade, faria muito mais sentido dar início a produção de P3 do que o produto P2. O conceito de *Product Space* então é a construção dessa rede de produtos, utilizando os dados do comércio internacional.

Cada nódulo (bola) é uma comunidade de produtos e seu tamanho é determinado por sua participação no mercado mundial. Sua conexão (laço) é construída baseada na probabilidade de ser co-exportado por outros países. Quanto maior a probabilidade, mais escuro é o laço.

**Figura 9 – Representação gráfica do Product Space**



**Fonte:** The Atlas of Economic Complexity (HAUSSMAN, 2013)

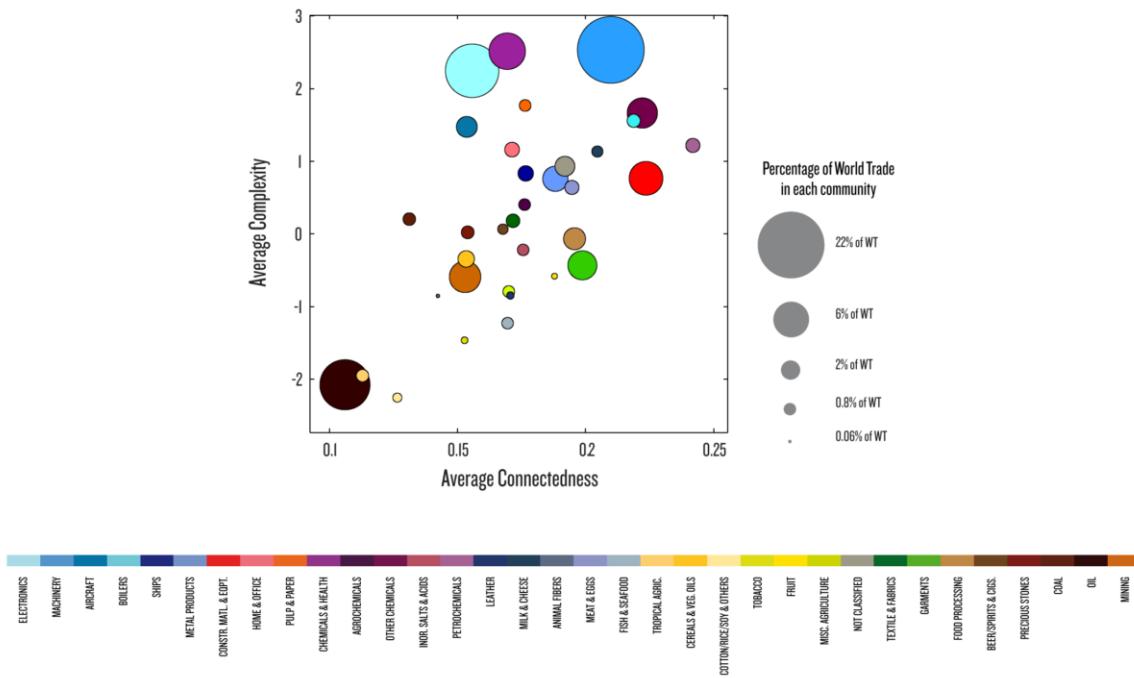
Dado uma configuração inicial, economias irão observar que será mais fácil se mover para a produção de novos produtos que requerem uma capacidade produtiva menor, i.e. os produtos que se encontram mais perto. A cor dos nódulos também é importante, representando a comunidade que o produto se encontra. Essas comunidades se formam quando seus produtos integrantes compartilham um conjunto comum de conhecimento produtivo.

Com isso, o conceito de *Product Space* nos revela uma grande implicação: o processo de acúmulo de conhecimento produtivo não é randômico mas sim um processo de movimento evolutivo, que segue um trajeto (*path dependent*). A evolução de uma economia amanhã depende de como ela se encontra hoje, e seu mapeamento pode auxiliar em uma maior complexidade e produção de riqueza com um esforço menor, tornando o problema de crescimento econômico mais simples (HAUSMANN, 2013).

Mais uma vez, uma analogia pode ajudar no entendimento do conceito de *Product Space*. Imagine o *Product Space* como uma grande floresta, onde cada árvore representa um produto. Árvores que requerem capacidades produtivas similares se encontram próximas uma da outra, enquanto que as mais distantes requerem capacidades diferentes. Se considerarmos economias como uma coleção de firmas que produzem diversos produtos, podemos pensar então que, dentro da nossa analogia, as firmas podem ser representadas por macacos que habitam os galhos das árvores. O processo de desenvolvimento de uma economia nesse caso é similar à exploração dos macacos pelas árvores da floresta onde estes colonizam ou tendem a colonizar as árvores mais próximas daquelas que já estão colonizadas. O pulo para uma árvore ainda não explorada é impulsionado, portanto, por um acúmulo de conhecimento produtivo, e claro, quanto mais próximo a árvore, mas fácil é esta transição (pulo), i.e, o domínio produtivo (HAUSMANN, 2013).

No gráfico abaixo podemos observar o quão denso são essas comunidades de produtos, o quanto elas representam do comércio internacional e suas respectivas complexidades. Ainda utilizando a analogia da floresta, isso indicaria em quais regiões da floresta as árvores são mais densas, o que facilitaria os pulos dos macacos, isto é, a produção de um novo produto por uma firma.

**Gráfico 15 – Gráfico de comunidades de produtos em relação a complexidade e conectividade**



**Fonte:** The Atlas of Economic Complexity (HAUSSMAN, 2013)

O gráfico 15 mostra um gráfico de dispersão onde o eixo x, chamado de *Average Connectedness* representa a conectividade média que uma comunidade apresenta entre seus nós (produtos), enquanto que no eixo y se tem a complexidade média de cada comunidade. O gráfico mostra uma relação positiva relativamente forte entre a conectividade que uma comunidade tem entre os produtos que a integram e seu grau de complexidade.

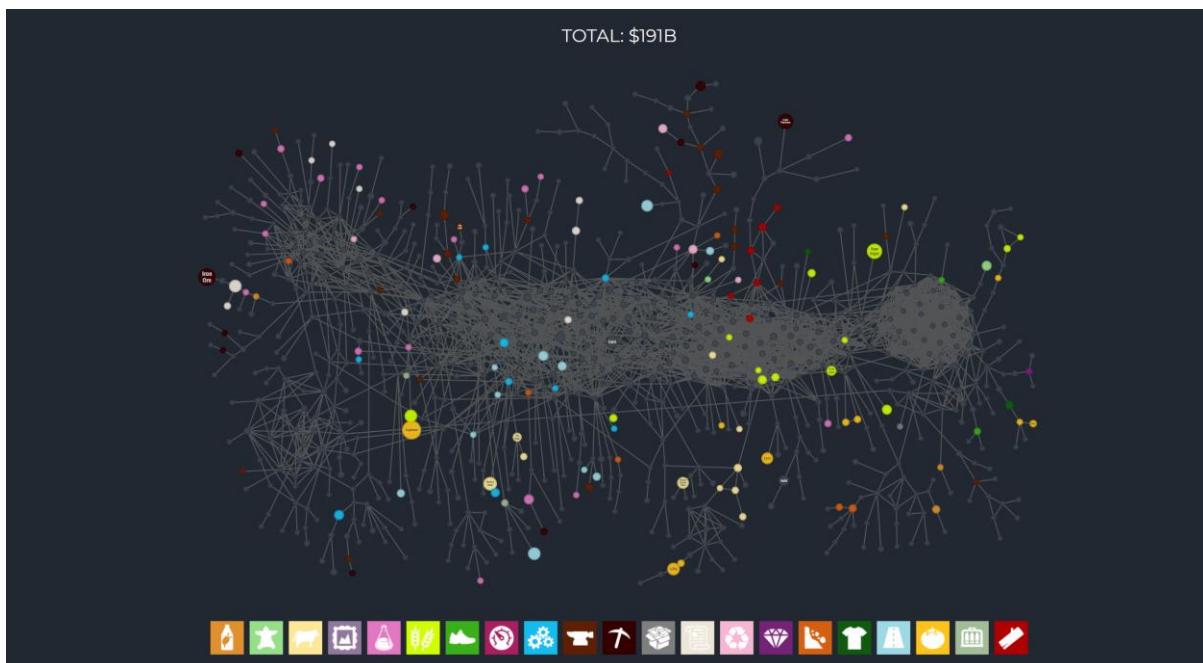
Isso mostra que comunidades pouco conectadas como a comunidade de produtos relacionados à extração e produção de petróleo e a comunidade de produtos agrícolas tendem a ser pouco complexas. Enquanto que a comunidade de maquinários ocupa uma boa parte do *Product Space* e apresenta um alto grau de conectividade e complexidade.

O conceito de conectividade aqui foi muito bem elaborado. Ele se baseia na probabilidade de dois produtos serem exportados em conjunto por vários países. Quanto

maior for essa probabilidade, maior é a indicação que esses produtos compartilham de características similares e demandam capacidades produtivas análogas para serem produzidos. Podemos chamar esses produtos de irmãos ou primos, dependendo do grau de conectividade (GALA, 2017).

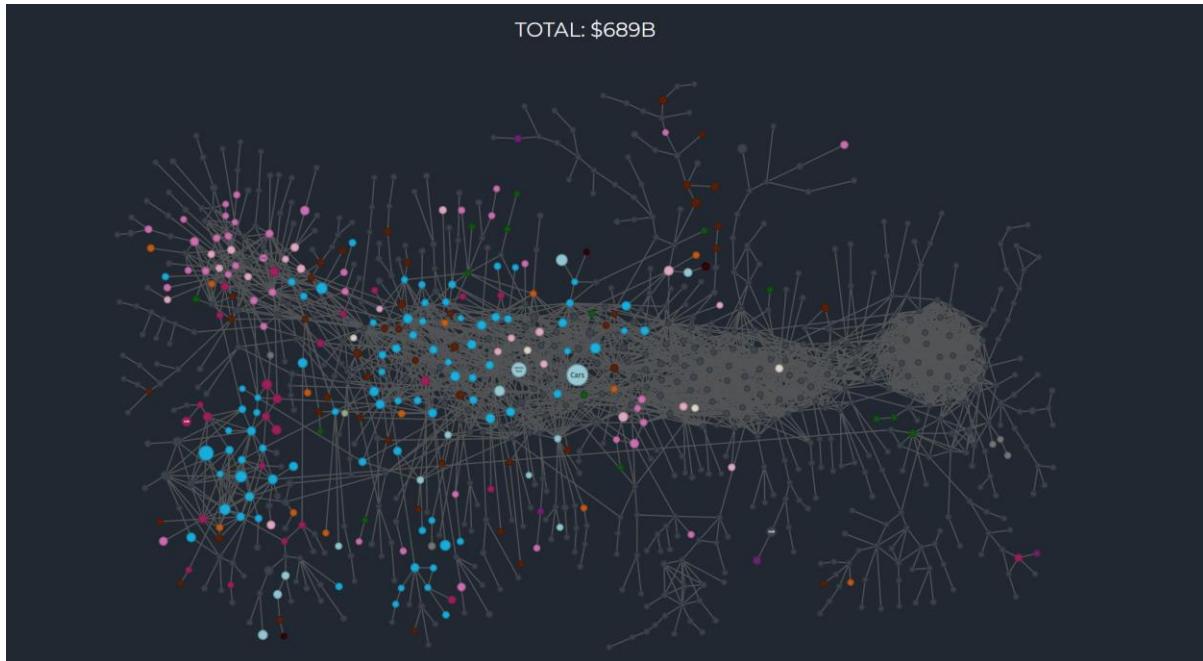
Abaixo podemos ver a posição do Brasil no *Product Space* na figura 10 e sua comparação com outra economia mais desenvolvida, o Japão, representado na figura 11.

**Figura 10 - Product Space do Brasil**



**Fonte:** MIT Media Lab, 2017

**Figura 11 - Product Space do Japão**



**Fonte:** MIT Media Lab, 2017

Os nódulos coloridos são aqueles produtos que o país exporta mais que sua “parcela esperada” (*fair share*) no mercado mundial. Parcela esperada é a parcela correspondente à participação daquele país no mercado internacional. Por exemplo, soja no mercado mundial representou 0,35%, totalizando US\$ 42 bilhões. O Brasil exportou cerca de US\$ 11 bilhões de soja, e já que as exportações totais brasileiras foram de US\$ 140 bilhões, a soja correspondeu a 7.8% do total exportado. Isso representou 21 vezes a “parcela esperada” do Brasil no mercado mundial em exportação de soja, o que tornaria o nódulo de soja colorido no *Product Space* brasileiro.

O *Product Space* que o Brasil ocupa é bem diferente do que o do Japão. O Brasil exporta 209 produtos com vantagem comparativa. Podemos notar a princípio que os produtos brasileiros estão muito mais dispersos comparados com os japoneses e estão concentrados em setores da agropecuária, que requerem baixa capacidade produtiva. O Japão por sua vez possui uma configuração quase que oposta. O país asiático possui 352 produtos com vantagem comparativa, porém estes se encontram em setores de

máquinas, autopeças, transportes, carros, petroquímicos, polímeros, etc. São produtos que requerem alta demanda intelectual e alto capital para seu desenvolvimento.

De acordo com o Atlas, fica claro que economias baseadas em manufaturas se caracterizam em geral como complexas, enquanto que aquelas baseadas em commodities e atividades extrativistas de baixo processamento aparecem como não complexas. Nesse sentido, é possível construir um ranking das 34 comunidades compostas no comércio internacional. O resultado é a tabela a seguir.

**Tabela 1 - Ranking das Comunidades de Produtos por Índice de Complexidade Médio**

Characteristics of Product Communities						
Community Name	Average PCI	Number of Products	World Trade	World Share	Top 3 Countries by Export Volume	Top 3 Countries by Number of Products (RCA>1)
Machinery	2.54	125	4.4T	20.29%	DEU, USA, JPN	DEU, ITA, AUT
Electronics	2.25	52	3.6T	16.71%	CHN, HKG, USA	CHN, HKG, MYS
Oil	-2.08	4	2.3T	10.49%	SAU, RUS, NOR	EGY, KAZ, DZA
Chemicals & Health	2.52	64	1.6T	7.47%	USA, DEU, BEL	USA, BEL, DEU
Other Chemicals	1.67	24	1.2T	5.49%	DEU, USA, FRA	DEU, ITA, ESP
Construction Materials & Equipment	0.77	44	1.1T	5.23%	CHN, DEU, ITA	CZE, POL, SVN
Mining	-0.59	48	1.1T	5.01%	AUS, USA, CHL	CAN, AUS, KAZ
Garments	-0.43	42	1.1T	4.63%	CHN, HKG, ITA	CHN, VNM, TUN
Food Processing	-0.07	26	603B	2.74%	DEU, ITA, USA	SRB, ESP, BEL
Metal Products	0.76	17	496B	2.26%	JPN, DEU, KOR	ZAF, UKR, SVK
Aircraft	1.48	10	440B	2.00%	FRA, DEU, GBR	CAN, GBR, FRA
Not Classified	0.93	36	426B	1.94%	USA, CHN, DEU	CHN, FRA, GBR
Cereals & Vegetable Oils	-0.34	21	295B	1.34%	USA, BRA, ARG	PRY, MDA, ARG
Home & Office	1.16	23	250B	1.14%	CHN, CHE, USA	CHN, PAN, PRT
Meat & Eggs	0.64	23	242B	1.10%	USA, BRA, DEU	FRA, BEL, POL
Ships	0.83	8	232B	1.05%	KOR, CHN, JPN	ROU, POL, HRV
Petrochemicals	1.22	5	220B	1.00%	DEU, USA, BEL	PRT, BEL, FRA
Boilers	1.56	14	193B	0.88%	CHN, DEU, JPN	CHN, TUR, KOR
Fish & Seafood	-1.23	11	191B	0.87%	CHN, NOR, THA	CHL, NAM, SYC
Textile & Fabrics	0.18	32	189B	0.86%	CHN, ITA, HKG	CHN, TUR, IND
Tropical Agriculture	-1.95	16	190B	0.86%	IDN, NLD, MYS	IDN, CIV, CRI
Coal	0.21	6	183B	0.83%	AUS, IDN, RIUS	CZE, COL, RUS
Misc Agriculture	-0.79	22	170B	0.78%	BRA, DEU, FRA	ESP, TZA, NIC
Precious Stones	0.02	4	170B	0.77%	IND, ISR, BEL	GBR, LBN, LKA
Pulp & Paper	1.77	11	148B	0.67%	USA, CAN, SWE	SWE, FIN, CAN
Agrochemicals	0.40	13	141B	0.64%	DEU, USA, CAN	BEL, JOR, DEU
Milk & Cheese	1.14	7	134B	0.61%	DEU, FRA, NLD	NLD, BLR, LTU
Beer, Spirits & Cigarettes	0.07	6	124B	0.57%	GBR, NLD, DEU	JAM, BEL, NLD
Inorganic Salts & Acids	-0.22	10	117B	0.53%	USA, CHN, DEU	ISR, JOR, USA
Cotton, Rice, Soy & Others	-2.25	18	96B	0.44%	USA, IND, THA	TZA, MOZ, GRC
Tobacco	-1.48	6	64B	0.29%	DEU, NLD, BRA	PHL, GRC, SEN
Leather	-0.85	14	53B	0.24%	ITA, USA, HKG	ALB, SOM, ESP
Fruit	-0.58	4	45B	0.21%	ESP, USA, CHL	NLD, LBN, LTU
Animal Fibers	-0.85	7	12B	0.06%	AUS, CHN, ITA	URY, NZL, ZAF

**Fonte:** The Atlas of Economic Complexity (HAUSSMAN, 2013)

Porque a complexidade tem mais facilidade de se desenvolver em economias com maior participação no setor de manufatura?

Vamos observar o *Product Space* mais de perto, em posições que possuem o maior nível visual de conectividade.

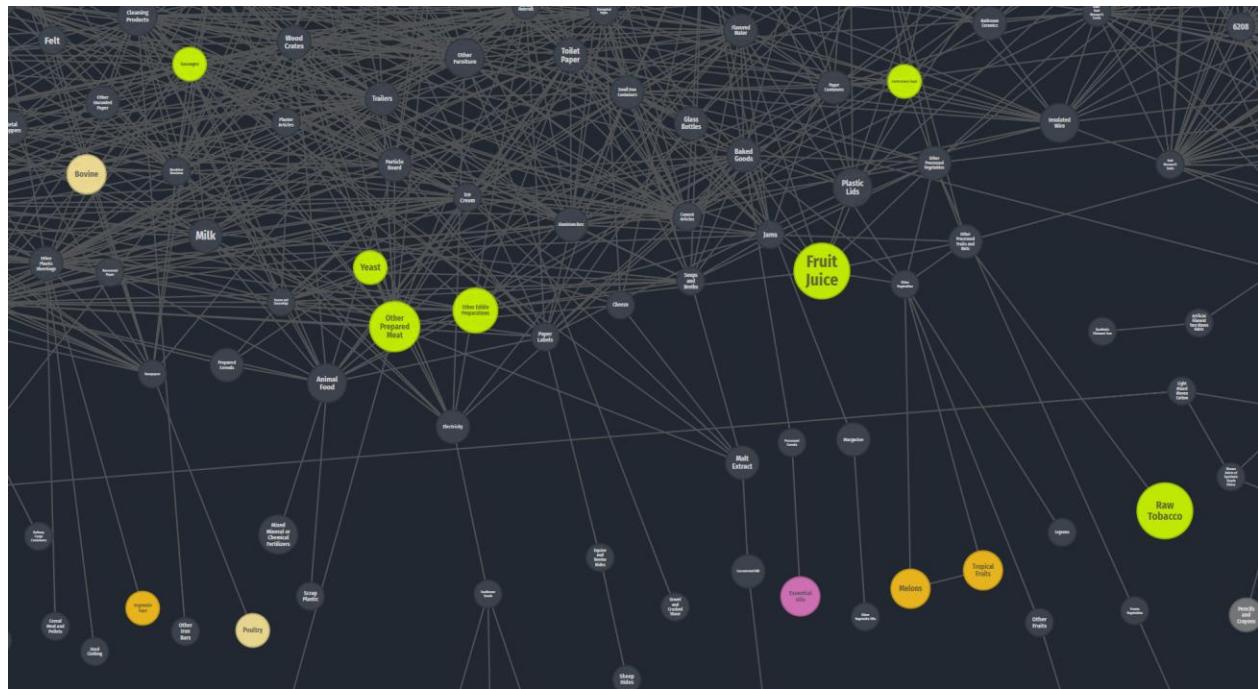
**Figura 12 - Área de Concentração Product Space do Brasil**



**Fonte:** MIT Media Lab, 2017

Nessa região vemos uma grande presença de derivados da madeira, mas com baixo teor de processamento, como madeira para combustão e madeira para construção e também commodities como grãos de café e açúcar. Podemos ver outros produtos pertencentes a setores mais complexos como navios e ônibus. Outra região da rede do *Product Space* na qual o Brasil também possui produtos de grande vantagem comparativa é esta, localizada na rede logo abaixo da figura 12:

**Figura 13 - Outra área de Concentração Product Space do Brasil**



Fonte: MIT Media Lab, 2017

Mais uma vez, podemos observar produtos que se encontram dentro de comunidades de menor complexidade como suco de frutas, tabaco e carnes processadas. Olhando para o Brasil como um todo, podemos chegar a uma conclusão que muitos já suspeitavam. O Brasil tem um baixo índice de complexidade.

Para os clássicos do desenvolvimento, a industrialização sempre foi o caminho para geração de aumento da produtividade. O economista Nicholas Kaldor escreveu que a dinâmica tecnológica e produtiva de um determinado país depende intimamente do processo pelo qual seu capital se acumula e do próprio nível de produção agregada. Existe na literatura econômica a lei de Kaldor-Verdoorn, que identifica uma relação positiva entre a taxa de crescimento da produtividade do trabalho com a taxa de crescimento da produção industrial. Como vimos no caso do Japão, grande parte de seus produtos de maior vantagem comparativa está dentro da comunidade de máquinas, em parte o que permitiu um crescimento tão estrondoso da economia japonesa em período de quarenta anos, após o país ter sido totalmente devastado durante a II Guerra Mundial (GALA, 2017).

Um segundo argumento, citado também no livro de Paulo Gala, é que no setor industrial há grandes retornos de escala estáticos e dinâmicos em atividades manufatureiras. Isso significa que nas firmas atuantes neste setor há aumentos de produtividade gerados por tipos de processos chave. O primeiro é o *learn-by-doing*, onde um aumento da produtividade é atingido por prática auto aperfeiçoamento e microinovações em diferentes etapas da manufatura. Em seguida temos as externalidades positivas de aglomeração, onde a própria proximidade de firmas já gera um benefício de troca de informação e *know-how* entre as mesmas, gerando *spill-overs* tecnológicos.

Um dos motivos que esses processos são intensamente presentes no setor industrial e não no setor agrícola-extrativista é o longo encadeamento de etapas produtivas. Por exemplo, para se fazer um carro, é preciso que haja um motor, eixos, pneus, direção, vidros, lataria, bancos, etc. Não encontramos esse encadeamento em uma fazenda de café por exemplo, mesmo que a colheita seja automatizada. De acordo com Paulo Gala, essas atividades são distintas em termos de “desdobramento” do processo produtivo.

Esse aumento de produtividade dos trabalhadores surge da divisão do trabalho, como Adam Smith já tinha notado, porém esse aumento surge tanto dentro das empresas como entre elas (como as externalidades). Portanto quanto maior essas possibilidades de divisão do trabalho, maior é o potencial de ganhos da produtividade. Isso torna o setor industrial o principal motor da produtividade de uma economia e a fonte primária de complexidade econômica.

Uma vez Tony Blair, ex-ministro da Inglaterra, perguntou a chanceler alemã, Angela Mearkel qual era o segredo da economia alemã que sempre apresentou robustez e uma alta produtividade. Merkel, sem hesitação, respondeu: “Sr. Blair, nós ainda fazemos coisas.”

### **3. Complexidade Econômica Aplicada – O Estudo Caso de Petrolina**

Até este momento vimos como o conceito de complexidade econômica se aplica no desenvolvimento de países. Porém esse conceito não se limita ao mesmo. Ele pode ser utilizado, praticamente da mesma forma, para identificarmos a configuração da complexidade econômica em regiões, como a região Nordeste e regiões metropolitanas, como a região de Petrolina, na qual utilizaremos como estudo de caso. Antes, porém, é necessário identificarmos alguns padrões de crescimento no Brasil, a fim de contextualizarmos a parte final do estudo.

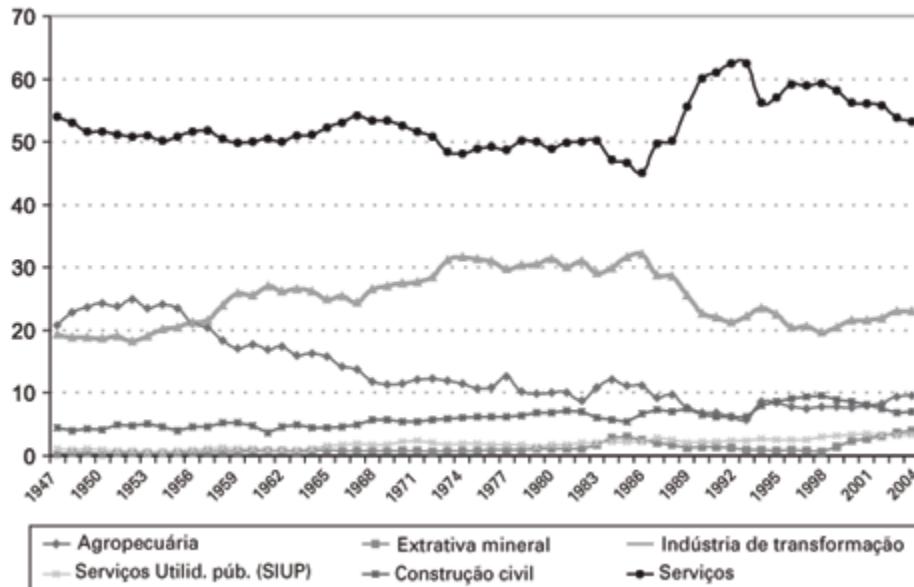
O Brasil, no começo do século XX, tinha apenas 11% do PIB originado na atividade industrial. O aumento da participação da indústria se acelera em 1930, de forma oposta à atividade setorial agropecuária. A atividade industrial brasileira alcança a participação máxima de 33% do PIB em 1976, e a partir daí sofre com uma queda gradual e constante até os dias de hoje, onde se encontram em torno de 26%. Os serviços nesse período saltam de 38% em 1990 para 60% em 2010 (VELOSO, 2013).

Esse processo de desindustrialização no Brasil nos últimos 50 anos é complexo e tem sido abordado por diversos autores, tanto nacionais quanto internacionais. Muitos consideram como, o milagre brasileiro de JK o início do processo desenvolvimentista e o primeiro salto do Brasil como uma economia mais complexa. A Petrobras, CSN, Vale do Rio Doce foram empresas que surgiram durante esse salto, assim como as obras faraônicas que marcaram a capacidade de engenharia da época como a Usina de Itaipu, A Rodovia dos Imigrantes, o Programa Nuclear com a construção de Angra I e posteriormente Angra II e a emblemática construção de Brasília.

Como resultado, esse salto foi acompanhado por um aumento vertiginoso do endividamento público, emissão de moeda, desequilíbrios das contas e inflação descontrolada, passando de 19,46% em 1968, para 34,55% em 1974.

Com uma reação violenta, as décadas seguintes foram consideradas “perdidas”, na tentativa de restaurar a sustentabilidade das contas públicas e diminuir a pressão inflacionária, que assolava o Brasil e o restante da América Latina.

**Gráfico 16 - A estrutura do PIB brasileiro (1947-2004)**



**Fonte:** Desenvolvimento Econômico – Uma Perspectiva Brasileira (VELOSO, 2013)

Em uma visão geral, o que foi observado após o milagre econômico, a partir da segunda metade da década de 1980 foi uma forte queda da participação da indústria e fortíssima retração na produtividade do trabalho, acentuado por uma estagnação econômica doméstica e internacional. Entre 1990 e 1999, o cenário foi de manutenção da indústria e de seu peso na economia, junto com uma nova fase da economia, agora já estável, em grande parte graças ao sucesso do Plano Real. No início da década de 2000 o Brasil volta a apresentar um crescimento substancial do PIB, sendo esse crescimento acarretado por um consumo interno da classe média, construção civil e um boom das commodities (NASSIF, 2008).

As empresas brasileiras se voltaram então para a produção de commodities, bens agrícolas e serviços não sofisticados. Desde esse período, a grande maioria dos empregos gerados nos últimos anos ocorreram em setores da economia de baixo valor intrínseco e baixos ganhos potenciais de produtividades, ou seja, o Brasil não investiu o suficiente em manufaturas complexas. Em 2014, por exemplo, cinco produtos responderam por quase 50% das exportações brasileiras: ferro, soja, açúcar, petróleo e carnes.

O Brasil seguiu um caminho de regressão tecnológica, com perda na sofisticação do seu tecido produtivo no setor industrial. No longo prazo isso é o mais importante para a região de riqueza em um país. Ao que tudo indica o Brasil caminha na direção contrária.

### **3.1 Identificação de produtos estratégicos**

O tema básico que inspira esse trabalho é que o futuro do desenvolvimento econômico brasileiro e em grandes regiões que se encontram em desenvolvimento se encontra nas regiões metropolitanas e em sua capacidade de complexidade econômica. Para isso utilizaremos a cidade de Petrolina como exemplo e em uma breve análise do restante da região metropolitana em que ela se encontra.

Para analisarmos a atual complexidade da cidade de Petrolina, será utilizado os dados do DataViva. De acordo com o próprio site, o DataViva se caracteriza como:

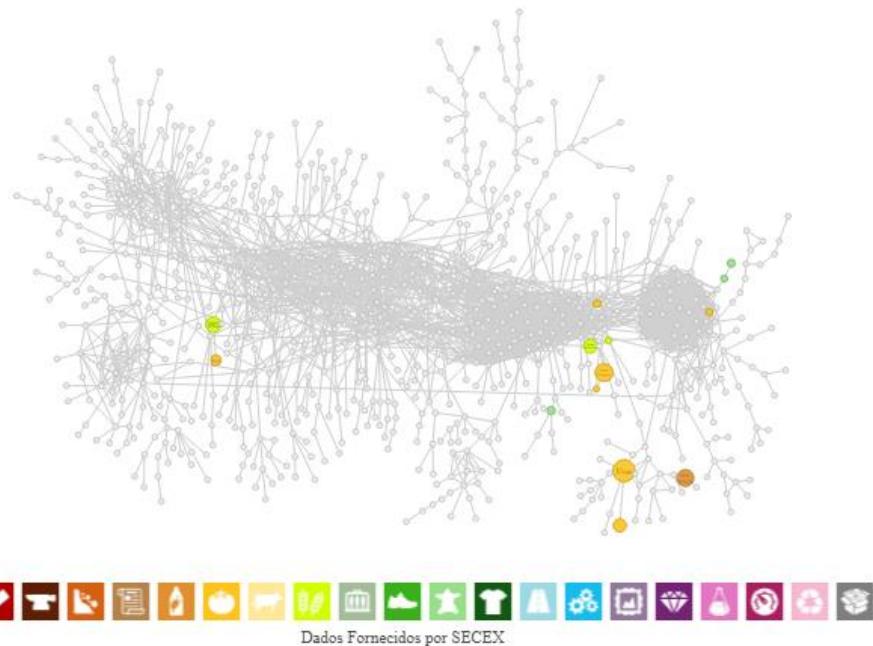
*uma iniciativa do Governo de Minas Gerais e da Agência de Promoção de Investimento e Comércio Exterior de Minas Gerais (INDI), com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), e oferece ao usuário uma experiência dinâmica de acesso a um grande conjunto de dados públicos. Totalmente desenvolvido em software livre e aberto ao acesso de todos, o DataViva foi criado com o objetivo de contribuir para a implementação de políticas públicas, investimentos públicos e privados, bem como para a realização de estudos acadêmicos (DAVIVA, 2015).*

Graças ao incrível trabalho da equipe, os dados coletados e as visualizações geradas nos permite enxergar o grau de desenvolvimento e complexidade econômica de praticamente todos os municípios no Brasil. Os dados aqui usados, são essencialmente de duas fontes: a RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) e os dados disponibilizados pela SECX (Secretaria de Comércio Exterior). Abaixo podemos observar o *Product Space* de Petrolina:

**Figura 14 - Product Space de Petrolina**

Espaço de Produtos para Petrolina (2015)

Baseado nos Estados Produtores  
Exportações: \$171 Milhões USD



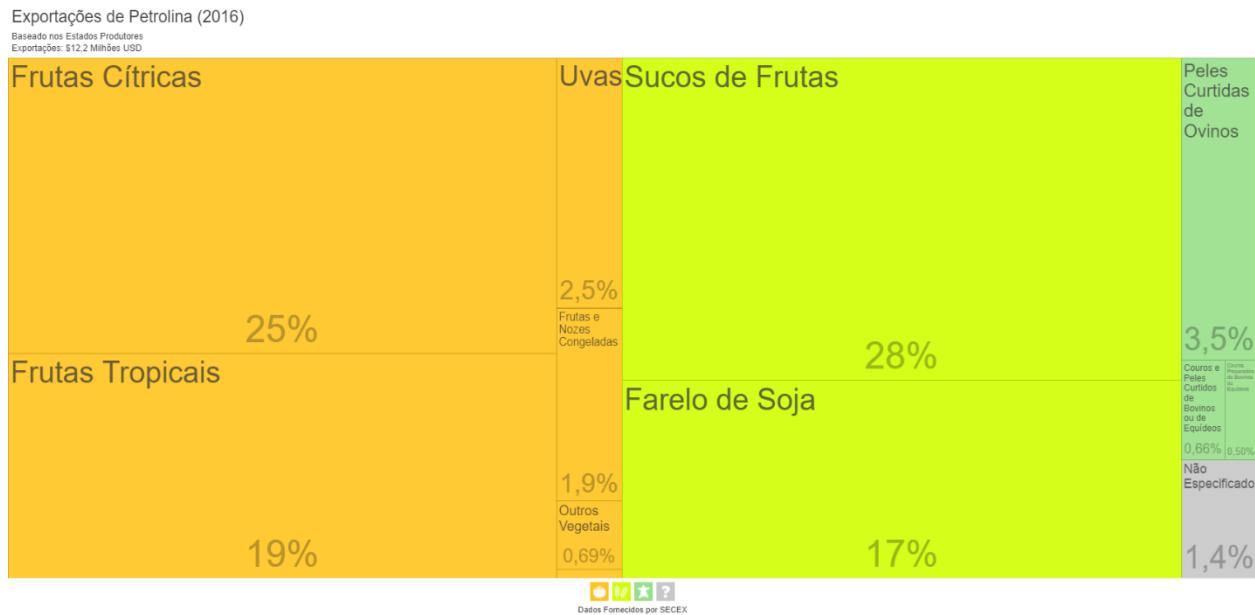
**Fonte:** DATAVIVA

A primeira observação é sua simplicidade, quando comparada com outros *Product Spaces* vistos anteriormente. Essa simplicidade, porém, não é um empecilho para analisar possíveis oportunidades e deve ser visto como um mapa para uma economia se tornar mais diversificada com maiores ganhos de produtividade.

Uma maneira de avaliar as possibilidades no *Product Space* de Petrolina é usando medidas de distância, complexidade e ganhos de oportunidade. Novos produtos devem ser vistos como meios de aumentar a complexidade de Petrolina. Para esta presente análise será imposto, portanto, que a complexidade de possíveis novos produtos, isto é o PCI, deve ser maior que o nível de Petrolina, que em 2015 foi medido em -3,56, caracterizado por um nível bem baixo. Um segundo quesito é que o ganho de oportunidade deverá ser maior que 0, isso nos permite identificar produtos que não possuem vantagem comparativa em Petrolina, o que incentivaria uma maior

diversificação da rede de produtos. Vamos começar, portanto analisando no gráfico 17 os produtos mais presentes em Petrolina, em termos de valor exportado.

**Gráfico 17 - Produtos exportados por Petrolina**



**Fonte:** DATAVIVA

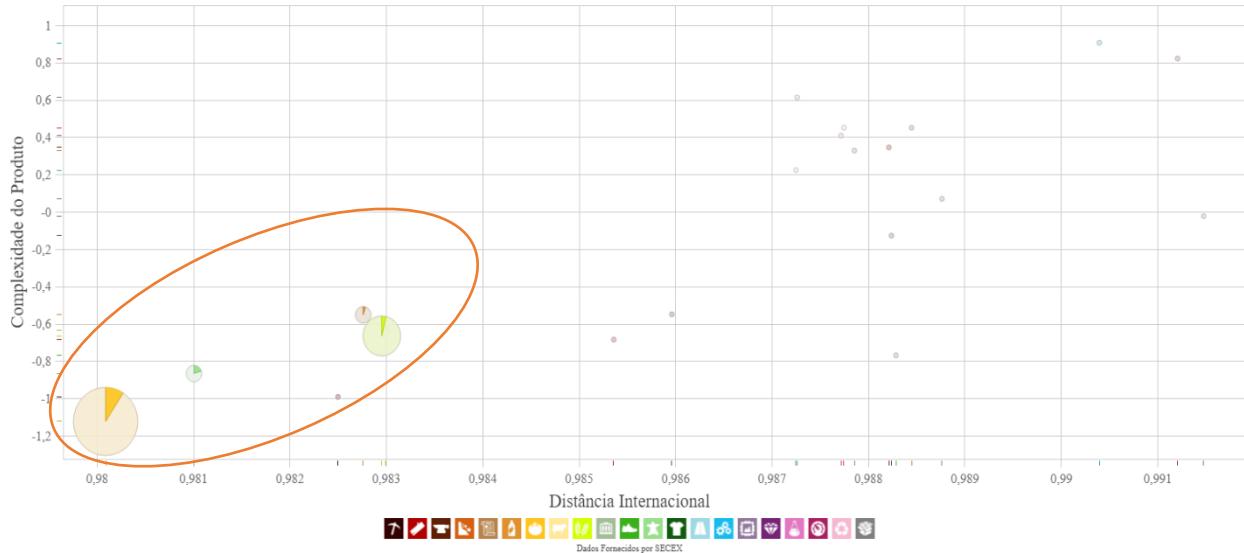
No gráfico 18 podemos ver esses produtos e suas respectivas participações junto ao grau de complexidade (PCI) e sua distância internacional (VCR maior que 1). Lembrando que quanto maior a distância for de um produto específico, menor será sua probabilidade de ser exportado com uma vantagem comparativa. O tamanho dos círculos é proporcional ao mercado internacional e as fatias em destaque representam produtos dentro daquela comunidade que são exportados com vantagem comparativa. Os círculos menores são comunidades de produtos sem participação no tecido produtivo de Petrolina.

### Gráfico 18 - Comunidade de Produtos Exportados por Complexidade e Distância

Exportações de Petrolina (2014)

Baseado nos Estados Provedores

Produtos com Distância e Complexidade do Produto: \$147 Milhões USD



**Fonte:** DATAVIVA

Os círculos maiores representam as seguintes comunidades de produtos:

**Tabela 2 – Comunidades de produtos exportados com maior valor**

Comunidade	Valor Exportado (USD milhões)	Cor de representação no gráfico
Produtos de Origem Animal	108	Amarelo
Gêneros Alimentícios	35,2	Verde
Derivados Vegetais e Animais	3,63	Vinho
Pele e Couro de Animais	4,05	Verde Escuro

**Fonte:** Autoria Própria

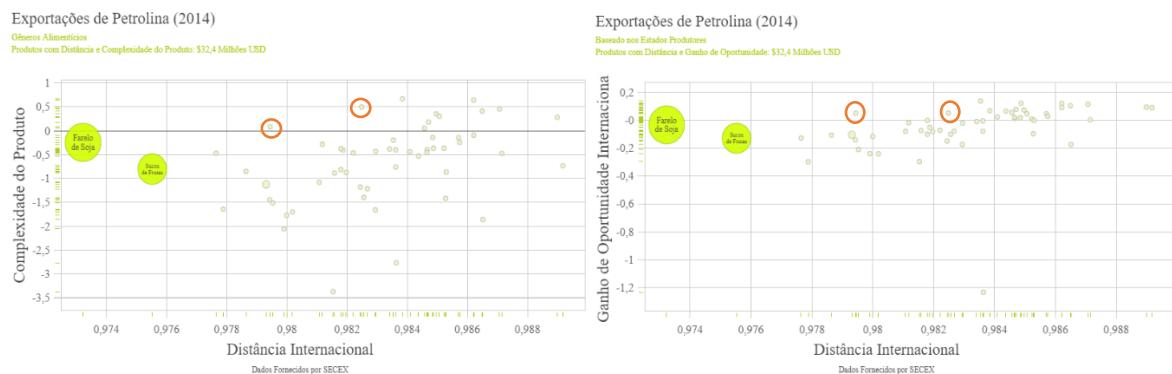
Dentro de cada comunidade, podemos identificar quais são os produtos mais próximos que promovem o maior aumento de complexidade do município. Para isso teremos que lidar com um trade-off entre complexidade e distância. Aqui escolheremos um equilíbrio entre esses dois fatores, porém tomadores de decisões políticas e gestores podem decidir diferentemente, dependendo do caso em questão. Vamos dar mais atenção a comunidades de Gêneros Alimentícios e Derivados Vegetais e Animais por

estes serem os de maior complexidade dentro das exportações significativas de Petrolina.

Nesse caso não é interessante buscar produtos de grandes distâncias, pois não há pretensão de criar novas comunidades de produtos e implementar novas indústrias de difícil alcance. Nosso objetivo é identificar entre as comunidades já existentes, os novos produtos que impulsionariam a complexidade de Petrolina.

Ao analisar a primeira comunidade selecionada, de Gêneros Alimentícios notamos dois produtos que se enquadram nas premissas desejadas: ganhos de oportunidades positivos, menor distância possível, capacidade de incrementar a complexidade de Petrolina e dentro de comunidades já estabelecidas. São eles Borras de Vinho e Outros Açúcares. Nas figuras abaixo podemos identificá-los:

**Figura 15 – Comparação entre os gráficos contendo os produtos da comunidade Gêneros Alimentícios de maior valor em ganhos de oportunidade e menor distância**



**Fonte:** DATAVIVA

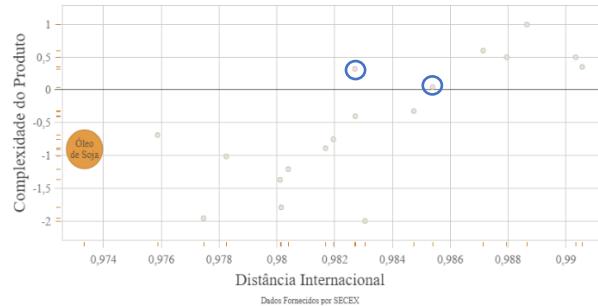
Na segunda comunidade escolhida, Derivados Vegetais e Animais, seguimos como o mesmo processo demonstrado acima. Abaixo segue as figuras para esta comunidade, com os produtos de destaque sinalizados no interior dos círculos azuis. São eles: Banha e Glicerina.

**Figura 16 – Comparação entre os gráficos contendo os produtos da comunidade Derivados Vegetais e Animais de maior valor em ganhos de oportunidade e menor distância**

Exportações de Petrolina (2014)

Baseado nos Estados Produtores

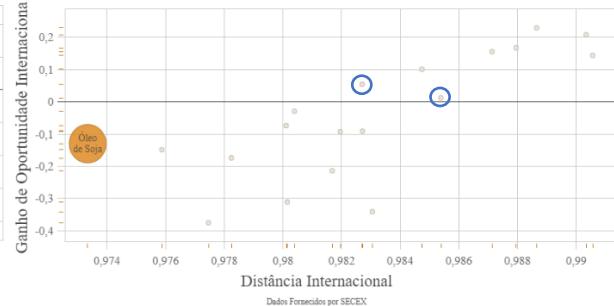
Produtos com Distância e Complexidade do Produto: \$3,63 Milhões USD



Exportações de Petrolina (2014)

Baseado nos Estados Produtores

Produtos com Distância e Ganhos de Oportunidade: \$3,63 Milhões USD



**Fonte:** DATAVIVA

Poderíamos encontrar outras comunidades e dentro delas outros produtos, porém, à fim de simplificação, uma cesta de quatro produtos se enquadra como suficiente para este estudo de caso. Portanto, os produtos selecionados seguem abaixo na tabela 3, junto com suas descrições de acordo com o Organização Mundial do Comércio.

**Tabela 3 – Produtos que melhor se enquadram em situação estratégica em termos de complexidade e distância**

Produto	Harmonized Systems (HS) Code	Descrição da categoria do produto	Complexidade do Produto	Distância	Ganhos de Oportunidade
Borras de vinho	2307	Wine lees; argol	0,498	0,982	0,050
Outros Açucares	1702	Lactose, maltose, glucose and fructose, in solid form; sugar syrups, artificial honey	0,0831	0,979	0,0508
Banha	1503	Lard stearin, lard oil, oleostearin, oleo-oil and tallow oil; not emulsified or mixed or otherwise prepared	0,319	0,983	0,054
Glicerina	1520	Glycerol, crude; glycerol waters and glycerol lyes	0,040	0,985	0,012

**Fonte:** Autoria Própria

Com esses produtos introduzidos, podemos agora guiar o desenvolvimento econômico local de Petrolina para um maior grau de complexidade, direcionado os investimentos em setores econômicos de maior probabilidade de ganho.

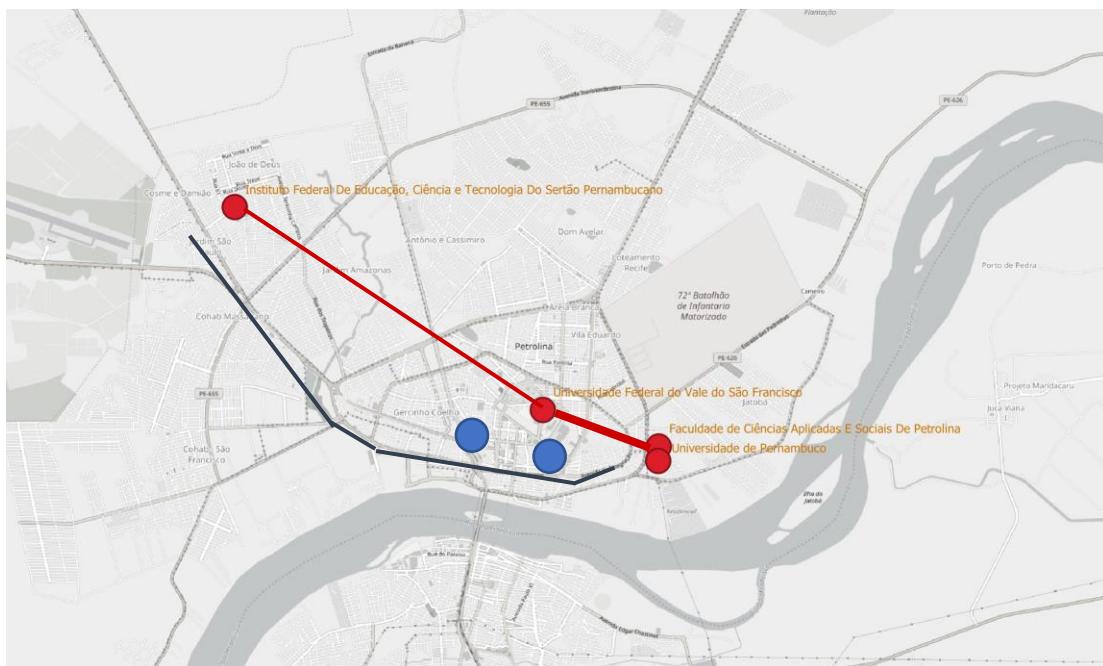
### **3.2 Possíveis prescrições para o desenvolvimento econômico local**

Estudos em desenvolvimento econômico local e economia urbana das últimas décadas tem mostrado como intervenções públicas podem incentivar e o desenvolvimento econômico em cidades e regiões metropolitanas, permitindo até mesmo o surgimento de novos centros econômicos. Utilizando modelos econômicos mais sofisticados, pesquisas mais recentes têm focado em como um sistema de transporte público, assim como subsídios em tecnologia e produção influenciam novos padrões no

tecido urbano e resultando em um crescimento econômico da cidade e melhora na qualidade de vida de seus habitantes. Dentro desses modelos políticas de governo direcionadas para investimento em infraestrutura de transporte diminuem custos de transporte, assim como custos de moradia menores no entorno dos grandes centros. Dessa maneira, esses investimentos contribuem de maneira significativa para a difusão de atividade econômica, menores custos de vida e maior dinâmica (BARBERIA, 2010).

Tais políticas, portanto, serão concentradas em dois pontos principais: o sistema de transporte público e aumento em capital humano qualificado, direcionado à inovação química e às indústrias de vinho, o que condiz com os achados do estudo de complexidade econômica. Podemos iniciar um novo mapeamento das universidades e instituições de ensino superior de Petrolina.

**Figura 17 – Mapa contendo pontos de possível intervenção**



**Fonte:** Autoria Própria

As bolas azuis representam centros de comércio, empresas e indústria. A linha em azul escuro por sua vez representa o caminho de maior fluxo possível conectando as universidades e os centros empresariais, utilizando as principais vias de acesso da

cidade. Esse percurso deve ser visto como uma possibilidade de grande potencial para dois fatores essenciais de desenvolvimento: adensamento e transporte público.

Portanto seria recomendado a criação e aprimoramento dos cursos de ensino superior em Petrolina, para que tivesse um direcionamento em engenharia química e agrícola. O eixo de desenvolvimento citado acima poderia ser usado para incentivo gradual de empresas do setor focando nas indústrias citadas pelo estudo de complexidade.

Além disso, poderia ser considerado uma ligação com a EMBRAPA, mesmo estando a uma distância de aproximadamente 50 km do centro de Petrolina, ainda é parte indispensável da economia e inovação na região.

Fundos de Pesquisa poderão ser utilizados para criar as ligações desejadas entre as firmas e as instituições de ensino e pesquisa. Assim, soluções industriais fornecidas pelas universidades e seu corpo de alunos teriam uma demanda específica, e forneceriam possível continuidade no mercado de trabalho para alunos e firmas que requerem uma maior qualificação de seus funcionários.

A criação de zonas industriais e zonas francas podem ser uma outra solução para a agregação de empresas que se utilizam de insumos já disponíveis no município podendo ser uma grande ferramenta de desenvolvimento no curto prazo, caso seja aplicada com diligência e apoio técnico. Ela pode trazer maior dinamismo à região, com a ingressão de novas empresas atuando no mercado local, juntamente com a possibilidade de criação de economias de aglomeração introduzindo novas e mais frequentes trocas de informação entre empresas que atuam na mesma comunidade de produtos.

As intervenções citadas devem focar em prover novos recursos públicos e não subsídios privados. Elas devem possuir algum tipo de processo decisório a fim de garantir que consigam atingir diversas soluções em diversos setores e atividades, maximizando os “spillovers” socioeconômicos. Isso significa, principalmente, focar em maximizar a produtividade e não somente a lucratividade das empresas.

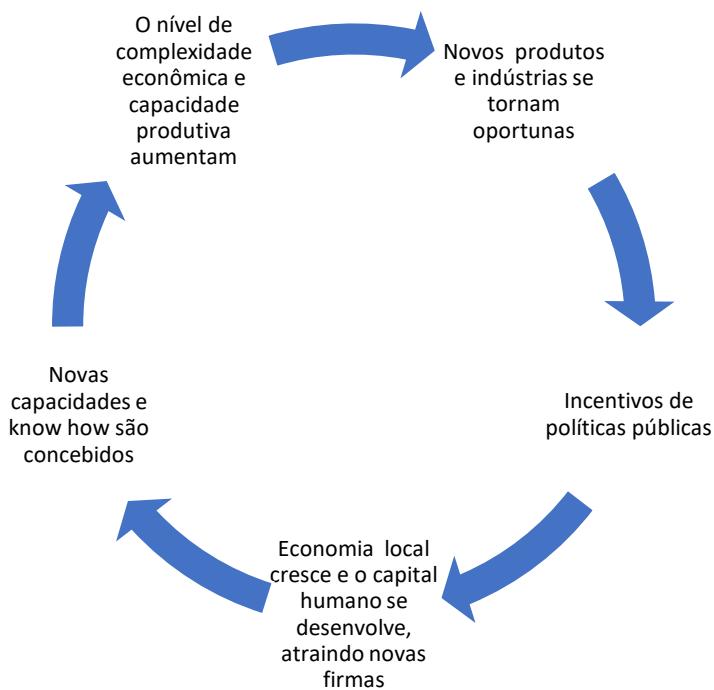
Essas medidas são parte de um possível planejamento que destina Petrolina à um nível maior de competitividade, dinâmica econômica e inovação dentro do Estado de Pernambuco e da região do semiárido.

Com inúmeras tentativas de desenvolver a economia da região, nenhuma teve em seu foco uma abordagem “*bottom up*”, onde o desenvolvimento emerge dos principais centros urbanos e se condensa na região como um todo, se tornando uma fonte virtuosa de capital humano qualificado, empresas inovadoras e maior qualidade de vida para seus habitantes.

## CONCLUSÃO

Petrolina possui uma estrutura econômica única no Sertão brasileiro e encontra a sua frente um futuro promissor. Para que esse futuro possa se concretizar, Petrolina deve-se aproveitar de suas oportunidades socioeconômicas com sabedoria. Promover desenvolvimento econômico e avanços na diversificação e complexidade de sua estrutura de produção será uma tarefa difícil e irá requerer transformações no processo de tomada de decisões a nível local, juntamente com a integração de instituições de diferentes naturezas, como empresas, escolas, universidades, centros de pesquisa, empreendedores e o governo local.

**Figura 18 – Ciclo virtuoso da prosperidade econômica viabilizado por aumento da complexidade**



**Fonte:** Autoria Própria

Mesmo utilizando o município de Petrolina como caso de estudo, este processo de estudo não está restrito ao mesmo, nem a sua região. O processo de urbanização no Brasil ainda deve avançar em grande escala, e com isso cidades continuarão a ter suas configurações industriais alteradas e novas oportunidades surgirão.

O Índice de Complexidade Econômica é uma ferramenta que auxilia no mapeamento de rotas para um maior complexidade e prosperidade. Cidades e países podem aumentar seus respectivos índices com uma melhor gestão, na qual sejam capazes de diversificar suas atividades econômicas, com foco na atratividade e capacidade das firmas serem bem-sucedidas.

Após o desenvolvimento do trabalho, a mensagem para a gestão pública e tomadores de decisão, especialmente de âmbito local, é clara e simples: crie um ambiente onde uma maior diversidade de atividades produtivas possa crescer, em particular atividades que sejam complexas, relativas a configuração economia atual da região.

Em uma época onde o governo federal brasileiro aparenta exausto na capacidade de repasse de recursos para os âmbitos municipais e estaduais, é esperado cada vez mais dos governos locais a tomada de ações que conduzam a região e seus habitantes a um futuro próspero. O que este trabalho pretendeu oferecer foi uma nova maneira de pensar e orientar novas decisões relacionadas ao desenvolvimento econômico, e como essa maneira pode ajudar na economia de recursos e na obtenção de ganhos socioeconômicos amplos e duradouros.

## BIBLIOGRAFIA

BEST, Michael; How Growth Really Happens.1ed. Estados Unidos. Princeton University Press, 2018. 320 p.

BLUESTONE, Barry; Stevenson, Mary Huff (2002). The Boston Renaissance: Race, Space, and Economic Change in an American Metropolis.

GLOBO RURAL. Produtores da BA apostam no Rio São Francisco para escoar a safra. Globo, 12 maio 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2014/05/produtores-da-ba-apostam-no-rio-sao-francisco-para-escoar-safra.html>>. Acesso em 20 jan. 2019.

ANTAQ. Plano Nacional de Integração Hidroviária. Fev. 2013. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/Portal/PNIH/BaciaSaoFrancisco.pdf>>. Acesso em 20 jan. 2019.

CHESF. Companhia Elétrica do São Francisco – Gestão de Recursos Hídricos. Jan. 2019. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/GestaoRecursosHidricos/GestaoRecursosHidricos.aspx>>. Acesso em 20 jan. 2019.

SOWELL, Thomas. Wealth, Poverty and Politics. 2 ed. Estados Unidos: Basic Books, 2016. 565 p.

JATOBÁ, Luciano, SILVA, Alineaurea, GALVINCIO, Josiclêda. A dinâmica climática em Petrolina -PE. 2017. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233914/27400>>. Acesso em 20 jan. 2019.

STRATFOR. The Geopolitics of Brazil: An Emergent Power's Struggle with Geography, 2012. Disponível em: <<https://worldview.stratfor.com/article/geopolitics-brazil-emergent-powers-struggle-geography>>. Acesso em 20 jan. 2019.

CLARIDGE, T. Social Capital and Natural Resource Management: An Important Role for Social Capital? The University of Queensland, Australia, 2004. Disponível em: <<https://www.socialcapitalresearch.com/literature/operationalisation/measurement/>>

IPEA. Atlas da Violência, 2017. Disponível em:<<http://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/>>. Acesso em 20 jan. 2019.

DATAPEDIA. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://datapedia.info/>>. Acesso em 20 abril. 2019.

DATAVIVA. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <[dataviva.info/pt/](http://dataviva.info/pt/)>. Acesso em 5 abril. 2019.

MIT Media Lab. Observatory of Economic Complexity, 2017. Disponível em: <<https://atlas.media.mit.edu>> Acesso em 6 abr 2019.

HARTMANN, Dominik. Economic Complexity and Human Development: How Economic Diversification and Social Networks Affect Human Agency and Welfare. Routledge, 2014.

HAUSMANN Ricardo, CUNNINGHAM Brad, MATOVU John, OSIRE Rosie, WYETT Kelly. How should Uganda Grow? Harvard Kennedy School, 2014. Disponível em: <<https://www.hks.harvard.edu/centers/cid/publications/faculty-working-papers/how-should-uganda-grow>>. Acesso em 19 nov. 2018.

HAUSMANN Ricardo, HIDALGO César, BUSTOS Sebastian, COSCIA Michele, SIMOES Alexandre, YILDIRIM Muhammed A. The Atlas for Economic Complexity. 1ed. Estados Unidos MIT Press, 2013. 367 p.

INOUA, Sabiou. A Simple Measure of Economic Complexity. 2016. Cornell University. Disponível em : <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1601/1601.05012.pdf>>

HIDALGO César, HAUSMANN Ricardo. The Building Blocks of Economic Complexity. 2009. Cambridge University. Disponível em:<<https://www.pnas.org/content/106/26/10570>>. Acesso em 19 nov. 2018.

HIDALGO, César, KILNGER B, BARABASI AL, HAUSMANN Ricardo. The Product Space Conditions and the Development of Nations. 2007. Harvard University. Disponível em: <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0708/0708.2090.pdf>> . Acesso em 19 nov. 2018.

GALA Paulo. Complexidade Econômica.1 ed Brasil: Contraponto. 2017. 144 p.

VELOSO Fernando, FERREIRA Pedro. Desenvolvimento Econômico – Uma perspectiva brasileira. Rio de Janeiro: Elsevier. 2013. 449 p.

NASSIF André. Há evidências de desindustrialização no Brasil?, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31572008000100004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572008000100004)>. Acesso em 19 nov. 2018.

BARBERIA Lorena, BIDERMAN Ciro. Local economic development: Theory, evidence, and implications for policy in Brazil. Fundação Getúlio Vargas. 2010. Disponível em: <[https://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/biderman\\_-local\\_economic\\_development\\_theory\\_evidence\\_and\\_implications\\_for\\_policy\\_in\\_brazil.pdf](https://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/biderman_-local_economic_development_theory_evidence_and_implications_for_policy_in_brazil.pdf)>. Acesso em 19 nov. 2018.

BERTRAUD Alain. Order Without Design. 1 ed. New York: MIT Press. 2019. 320 p.

MORETTI Enrico. The New Geography of Jobs. 1 ed. Estados Unidos: Mariner Books. 2013. 304 pag.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>

TOPOGRAPHIC-MAP. Disponível em: <<http://pt-br.topographic-map.com/places/Relevo-3550473/>>