

## O PERFIL SOCIECONÔMICO DO ESTADO DO CEARÁ RECEBE UMA CIDADE INTELIGENTE? UMA ANÁLISE POR MEIO DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

*Does the socioeconomic profile of the state of Ceará receive a smarty city? An Analysis Through the Main Components (ACP)*

### **Francisca Diana Ferreira Viana**

Doutora em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais. É professora associada II do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Rua Diogo de Vasconcelos, 122, Pilar, Ouro Preto, MG, 35.400-000. E-mail: fviana@ufop.edu.br

### **Francisco Laércio Pereira Braga**

Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC). É professor do curso de Administração de Empresas da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Av. Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi, Fortaleza, Ceará, 60.714-903. E-mail: laercio.braga@uece.br

### **Tatiane Braga Pinheiro**

Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto. Rua Diogo de Vasconcelos, 122, Pilar, Ouro Preto, MG, 35.400-000. E-mail: tatianebraga892@gmail.com.

**Resumo:** Este trabalho objetivou investigar a estrutura socioeconômica dos municípios cearenses, tendo em vista que, na última década, um projeto de construção de uma cidade inteligente vem sendo implementado no estado (no município de São Gonçalo do Amarante). Acredita-se que o êxito no funcionamento de uma cidade inteligente esteja relacionado a um bom desempenho das variáveis socioeconômicas da região. Por meio do método de análise multivariada dos componentes principais (ACP), pôde-se concluir que a primeira componente principal teve, nas variáveis IDH, ensino fundamental e médio, as maiores relevâncias positivas. Supondo que uma cidade inteligente requer um maior grau de complexidade tecnológica, a influência positiva dos ensinos fundamental e médio (atrás do IDH) no território cearense, possivelmente, não é suficiente para um funcionamento nos moldes que este tipo de estrutura demanda.

**Palavras-chave:** Indicadores socioeconômicos. Análise de componentes principais. Ceará.

**Abstract:** This paper aimed to investigate the socioeconomic structure of the municipalities of Ceará, considering that in the last decade a project to build a smart city has been implemented in the state. Success in operating a smart city is believed to be related to a good performance of the region's socioeconomic variables. Through the method of multivariate analysis of principal components (PCA) it was concluded that the first major component had the highest positive relevance in the HDI, Elementary and High School variables. Assuming that an intelligent city requires a greater degree of technological complexity, the positive influence of the elementary and middle school (behind the HDI) in Ceará is possibly not sufficient for a functioning in the mold that this type of structure demands.

**Keywords:** Socioeconomic indicators. Principal component analysis. Ceará.

## 1 INTRODUÇÃO

Pode-se dizer que todas as abordagens teóricas do pensamento econômico que versam sobre crescimento e desenvolvimento percebem o progresso tecnológico como um ingrediente a ser considerado (a priori, de forma exógena, como pressupõe o modelo de Roberto Solow (1956) e, posteriormente, de maneira endógena, como propõem os modelos de crescimento endógeno desenvolvidos por Paul Rommer e Robert Lucas, a partir dos anos de 1980 – JONES, 1998). Para o século XXI, o progresso tecnológico está fazendo a sociedade buscar novos conceitos de cidade. São as denominadas Cidades Digitais e Cidades Inteligentes.

Embora estes conceitos, por vezes, sejam usados como sinônimos, tem ficado cada vez mais evidente que são distintos, ainda que estreitamente relacionados. Como expõe Ferreira et al. (2017), uma cidade digital busca, por meio de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs), benefícios para a gestão do município e o atendimento ao cidadão, como, por exemplo, a democratização do acesso à internet. Porém, uma cidade inteligente vai além disso, pois, como ressaltam Caragliu et al. (2009), tal estrutura demanda investimentos em capital humano, capital social e uma tradicional e moderna infraestrutura de TIC, com gestão eficiente dos recursos naturais, com ação participativa e engajamento.

O uso intensivo de TICs pode, portanto, caracterizar uma cidade digital, mas não necessariamente esta se tornará uma cidade inteligente, tendo em vista que esta última ocorre quando a inteligência artificial é utilizada de forma indissociada da inteligência individual e da inteligência coletiva. Eis, portanto, o tripé no qual uma cidade inteligente se desenvolve, sendo a cidade digital uma parte integrante deste processo.

Desde os anos 2000, quando estes conceitos começaram a ganhar espaço (tanto do ponto de vista acadêmico quanto do ponto de vista de investimentos públicos e privados), o Brasil tem experimentado a transformação de algumas de suas cidades em estruturas urbanas digitais ou apresentadas como inteligentes. Este é o caso, por exemplo, da estrutura construída em São Gonçalo do Amarante (SGA) – município pertencente à Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) – nomeada de Smart City Laguna, que está, por sua vez, sendo vendida como uma cidade inteligente, o que, por definição, pressupõe sustentabilidade, inclusão sociodigital, existência de capital social etc. Este último termo foi definido por Bourdieu (1980) como um agregador de recursos, reais ou potenciais, caracterizado por um conjunto de relações sociais, em que os indivíduos extraem recursos e vantagens que se refletem em outras formas de capital (cultural, monetário e simbólico).

Contudo, dados recentes do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021) revelam que o município de SGA se destaca, em âmbito nacional, nas emissões de gases por meio de usina termelétrica fóssil. Dos setores classificados como de maior emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) – resíduos de processos industriais, energia, agropecuária, mudança de uso da terra e floresta –, o setor de energia atinge cerca de 90% do total de emissão de GEE do referido município. Tal situação dificulta a consolidação de uma cidade inteligente e sustentável. Ademais, deve-se ressaltar que a construção de uma cidade, como está acontecendo em SGA, pode potencializar o uso de energia e, portanto, contribuir para o recrudescimento do indicador de emissão de GEE.

Do ponto de vista tecnológico, ressalta-se que o estado do Ceará tem passado por transformações significativas, tal como a construção do Cinturão Digital do Ceará (CDC), uma estrutura de fibra ótica que abrange 8.060 Km e atende, conforme dados da Empresa de Tecnologia da Informação do Ceará (ETICE, 2021), cerca de 90% da população urbana do estado. Ainda de acordo com a ETICE, o objetivo do CDC é viabilizar o acesso à internet, tanto para os órgãos públicos do estado quanto para a população, por meio de serviços digitais, como: internet, videoconferência, TV Digital, telefonia celular etc.

Outro fato de relevância ligado às TICs no estado foi a recente ancoragem do 15º cabo submarino de fibra ótica na praia do Futuro, em Fortaleza. Conforme aponta a Secretaria de Desenvol-

vimento Econômico e Trabalho (SEDET, 2020), serão cerca de 6 mil quilômetros de cabos de alta capacidade, que conectarão Fortaleza a Portugal. Com isso, o Ceará permanece como o segundo ponto mais conectado do mundo.

Nota-se, portanto, que esta infraestrutura que se estabelece no Ceará propicia à RMF um ambiente favorável ao desenvolvimento de cidades digitais, podendo contribuir para fortalecer as sinergias necessárias à consolidação de estruturas inteligentes a posteriori. Porém, as desigualdades socioeconômicas aliadas às questões ambientais, como, por exemplo, a emissão de GEE em SGA, tornam pouco provável que, em curto prazo, as cidades da RMF venham a se tornar cidades inteligentes. Dentro deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo investigar a estrutura socioeconômica dos municípios cearenses, por meio de variáveis que estão diretamente relacionadas às estruturas inteligentes (tal como educação, saúde etc.), para verificar os possíveis gargalos à consolidação destas estruturas. De modo específico, analisar-se-á o município de SGA, onde se localiza a Smart City Laguna.

Além desta introdução, esta pesquisa conta com cinco seções. A primeira trata dos fundamentos do desenvolvimento regional. A segunda versa sobre as notas metodológicas. A terceira aborda a caracterização socioeconômica do Ceará e de São Gonçalo do Amarante. Por fim, têm-se as considerações finais.

## 2 OS FUNDAMENTOS DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

O fenômeno do desenvolvimento, na perspectiva teórica de Joseph Alois Schumpeter (1982), caracteriza-se como um processo de mudança espontânea e descontínua que altera e desloca para sempre os estados de equilíbrio previamente existente. Tal mudança estaria associada aos cinco casos seguintes: 1. introdução de um novo bem; 2. introdução de um novo método de produção; 3. abertura de um novo mercado; 4. conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados; 5. estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma nova posição de monopólio.

Todos estes casos são resultados diretos e/ou indiretos de inovações tecnológicas, que, no âmbito econômico, são um fator favorecedor das externalidades propostas por Alfred Marshall, ainda no século XIX, e das teorias que versam sobre aglomerações após os anos de 1950. Tais teorias são as relativas aos polos de crescimento de Perroux (1955), as que abordam a causação circular e cumulativa de Myrdal (1957), as que fundamentam os encadeamentos para frente e para trás de Hirschman (1958) e a teoria da base exportadora de North (1959) (MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011).

A complexidade que caracteriza o processo de desenvolvimento local demanda um projeto político que, como ressalta Boisier (1996), inclui governos regionais que se disponham a inventar novas formas de governo que lhes permitam acesso a recursos de diferente natureza, mas de crescente importância no desenvolvimento, como, por exemplo, recursos psicossociais. Assim, faz-se necessário reconhecer a importância da sinergia como fundamento do desenvolvimento regional endógeno e, sobretudo, como base da capacidade local e regional de inovação, por Boisier (1996) como peça-chave do desenvolvimento contemporâneo.

A interação sinérgica à qual Boisier (1996) se refere, segundo estudos empíricos, parece ter como componentes importantes: instituições de educação e de treinamento, P&D, consultoras de administração e tecnologia, capital de risco, capital de trabalho e decisões tomadas localmente. Os desdobramentos trazidos pela interação destes componentes para o desenvolvimento regional/local estão associados ao grau de organização do território, que, por sua vez, depende da existência, da articulação e das condições de manejo de seis elementos: os atores, as instituições, a cultura, os procedimentos, os recursos e o entorno.

Barquero (1995) chama a atenção para o papel do elemento institucional, pois, para este estudioso, o marco institucional é fundamental para a estratégia de desenvolvimento, ressaltando que o processo de desenvolvimento somente pode ser possível em um entorno sociocultural que premie o espírito empreendedor, confie nos valores e nas energias locais, valorize positivamente a mudança, estimule a concorrência e aceite o risco. O autor também destaca que, de qualquer forma, o desenvolvimento necessita criar seu próprio ambiente cultural, seja de forma espontânea, seja de forma induzida, a partir da atuação dos agentes públicos e/ou privados.

O embasamento teórico que permeia o processo de desenvolvimento regional/local endógeno, como delineiam Federwisch e Zoller (1986), citados por Amaral Filho (2001), tem-se dividido em duas grandes tendências: uma de natureza indutiva e outra considerada dedutiva. Os primeiros partem de estudos específicos para mostrar as particularidades das condições determinantes de cada caso de desenvolvimento local. Os segundos partem, geralmente, de postulados mais gerais sobre a dinâmica das organizações territoriais descentralizadas.

Contudo, deve-se salientar que o desenvolvimento local não anula o desenvolvimento sob a perspectiva do global; ambas as propostas caminham juntas. Diniz (2000) chama esse fenômeno de relação dialética, por combinar o hiperespaço da circulação do capital com a recriação da localidade, ou seja, o global e o local precisam ser pensados de forma simultânea.

O sistema de inovações regional/local é, portanto, um pilar de sustentação do desenvolvimento e, como denota Garcez (2000), por meio de Lundvall (1992), Lundvall e Johnson (2000), Lastres et al. (1999) e Edquist e Johnson (1997), o conceito de sistemas de inovação, a inovação e o desenvolvimento econômico originam-se de condições particulares, sociais e institucionais e de características histórico-culturais. São os elementos e as relações presentes em determinado sistema que poderão determinar a capacidade de aprendizado de um país, região ou localidade, e, bem como, a sua capacidade de inovação e de adaptação às mudanças do ambiente.

Dentro deste contexto, as tecnologias e as inovações, assim como as TICs, têm ocupado um espaço cada vez mais amplo, em que surge uma nova configuração de cidade cuja existência está associada ao paradigma tecnoeconômico supracitado: as denominadas cidades inteligentes, sendo estas um exemplo maior deste tipo de configuração. Contudo, como a própria denominação revela, a consolidação de uma cidade inteligente depende da existência de um ambiente que propicie o florescimento e a capilarização da inteligência em seus três aspectos, a saber: a inteligência individual, a inteligência coletiva e a inteligência artificial.

No que concerne à inteligência individual, Sobral (2013, p. 34) a define como sendo “a capacidade humana de enfrentar as situações novas, a fim de resolver problemas e, de igual forma, utilizar conceitos concretos e abstratos”. No que tange à definição de inteligência coletiva, uma destacada referência têm sido as pesquisas de Pierre Lévy. Para este autor, a construção dos laços sociais está baseada no saber, ou seja, o que reúne os indivíduos são suas capacidades de compartilhamento de saberes individuais, que se traduzem na inteligência coletiva (LÉVY, 2003 apud BEMBEM; SANTOS, 2013).

No que diz respeito à inteligência artificial, Motta (2009, p. 26) chama a atenção para a cronologia dos fatos históricos que ressaltam a existência deste tipo de inteligência na evolução do sistema capitalista de produção, tendo como pontos de partida a primeira fase da Revolução Industrial, que ocorreu no final do século XVII, com o advento da máquina a vapor, e a atual quarta fase dessa revolução, denominada de 4.0, marcada pela era digital, em que as decisões passam a ser tomadas de forma automática, a partir do uso de um grande conjunto de dados armazenados, chamado de *Big Data*.

Dentro deste panorama, embora a definição de cidades inteligentes ainda esteja em construção, Giffinger et al. (2007) destacam que este conceito contempla seis dimensões, que são: i) *Smart Economy*, que inclui fatores relacionados a competitividade econômica como inovação, empreendedorismo, produtividade, flexibilidade do mercado de trabalho; ii) *Smart People*, que trata de variáveis referentes ao nível de qualificação ou educação dos cidadãos; iii) *Smart Governance*,

relacionado a fatores como participação política, serviços aos cidadãos e funcionamento da administração; iv) *Smart Mobility* (disponibilidades de tecnologias de informação e comunicação e sistemas de transportes sustentáveis); v) *Smart Environmet* (clima, espaço verde, poluição, gestão de recursos e proteção ambiental); vi) *Smart Living*, que compreende cultura, qualidade de vida, saúde, segurança, condições habitacionais e turismo.

Giffinger et al. (2007) afirmam que, para uma cidade tornar-se inteligente, deve ocorrer uma melhor combinação de desempenho das dimensões acima descritas. Essas dimensões, portanto, são interligadas e compõem o ecossistema urbano da cidade. Entretanto, ainda não há unicidade, no que diz respeito à quantidade de dimensões necessárias. Nesse sentido, ressalta-se que não é a quantidade de dimensões que irá caracterizar uma cidade inteligente, mas a forma como ocorre a combinação entre elas. Percebe-se que a gestão urbana, definida neste novo paradigma, demanda um tecido social fortalecido em seus fundamentos, sendo essencial a existência de uma sociedade educada para além de conectada, com acesso a bens essenciais, com uma cultura internalizada de sustentabilidade; em resumo, com suas inteligências individuais, coletivas e artificiais em um grau de maturidade que permita o êxito de uma proposta desta natureza.

Do ponto de vista econômico, pode-se dizer que a proposta de cidades inteligentes é o caminho natural que leva ao desenvolvimento proposto por Schumpeter (1982), em que a inovação tem um papel fundamental. Tais estruturas potencializam as externalidades originalmente definidas por Alfred Marshall, e que, na concepção das cidades modernas, como propõe Jane Jacobs, se materializam na fertilização cruzada de ideias, transformando-se em “*spilovers* de conhecimento intersetoriais geograficamente localizada (DESROCHERS, 2014).

Essa transmissão de ideias contribui para o desenvolvimento de possíveis polos de crescimento, como proposto por Perroux, mas com maior conexão – favorecida pelas TICs – para o desenvolvimento dos conhecimentos individual, coletivo e artificial. O fenômeno dos ciclos virtuosos de crescimento econômico, assim como os encadeamentos setoriais para frente e para trás, está cada vez mais atrelado ao que Florida (2011) denomina de classe criativa, que é formada por pessoas que agregam valor econômico por meio da sua criatividade. Isso evidencia que o desenvolvimento econômico alcançado por meio de estruturas inteligentes (baseadas na transmissão de ideias) deve considerar: os atores, as instituições, a cultura, os procedimentos, os recursos e o entorno, como aponta Boiser (1996).

### 3 NOTAS METODOLÓGICAS

#### 3.1 Definição e origem dos dados

Para aplicar o método de Análise das Componentes Principais (ACP), foram coletadas 11 variáveis socioeconômicas para os 184 municípios do estado do Ceará (Quadro 1). O ano de referência destas variáveis foi, em sua maioria, 2010, em virtude de este ser o ano mais atual com disponibilidade dos dados requeridos para este estudo; exceção foi feita ao PIB per capita, que já possuía dados disponíveis para o ano de 2013. A opção pela escolha das variáveis, que abrangem aspectos econômicos e sociais de cada município cearense, deve-se ao próprio conceito de cidade inteligente discutido anteriormente. Dessa maneira, selecionou-se um grupo de variáveis pertencentes a algumas das principais dimensões de cidades inteligentes trabalhadas na literatura internacional (GIFFINGER et al., 2007).

Quadro 1: Variáveis socioeconômicas selecionadas para o estado do Ceará (2010)

Variáveis		Fonte	Ano
Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM)	$X_1$	PNUD / IPEA / FJP	2010
Produto Interno Bruto per capita (PIBpc)	$X_2$	IPECE	2013
Expectativa de vida (Exp_Vid)	$X_3$	Atlas Brasil (2013). Censo (2010)	2010
Mortalidade infantil (Mort_Inf)	$X_4$	PNUD / IPEA / FJP	2010
Saneamento básico (San_Bas)	$X_5$	Atlas Brasil (2013). Censo (2010)	2010
Água encanada (Água_Enc)	$X_6$	Atlas Brasil (2013). Censo (2010)	2010
Coleta de lixo (Coleta_lix)	$X_7$	Atlas Brasil (2013). Censo (2010)	2010
Taxa de analfabetismo (Tx_Analfa)	$X_8$	Atlas Brasil (2013). Censo (2010)	2010
Percentual dos ocupados com ensino fundamental completo (Ocup_EFC)	$X_9$	PNUD / IPEA / FJP	2010
Percentual dos ocupados com ensino médio completo (Ocupp_EM)	$X_{10}$	PNUD / IPEA / FJP	2010
Percentual dos ocupados com ensino superior completo (Ocup_ESC)	$X_{11}$	PNUD / IPEA / FJP	2010

Fonte: Elaboração própria, 2020.

### 3.2 Método de análise: análise de componentes principais (acp)

Como destaca Mingoti (2005), a técnica denominada de Análise de Componentes Principais (ACP) tem como objetivo explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto por  $p$ -variáveis aleatórias, por meio da construção de combinações lineares das variáveis originais. Tais combinações lineares são chamadas de componentes principais e são não correlacionados entre si. Assim, para  $p$ -variáveis originais, é possível obter-se  $p$  componentes principais. Mingoti (2005) chama a atenção, ainda, para o fato de que, quando a distribuição de probabilidades do vetor aleatório em estudo é normal, as componentes principais são não correlacionadas, independentes e seguem uma distribuição normal. Todavia, a normalidade não é requisito necessário para que a técnica de análise de componentes principais possa ser utilizada.

A partir das componentes principais, podem-se obter, por meio de valores numéricos, os denominados escores para cada elemento amostral. Sendo assim, os valores de cada componente podem ser analisados, usando-se técnicas estatísticas usuais como análise de variância e análise de regressão, dentre outras (MINGOTI, 2005).

Em termos matemáticos, conforme Mingoti (2005), considera-se que  $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)'$  seja um vetor aleatório com valor de médias  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p)'$  e matriz de covariância  $\Sigma_{pxp}$ , com os respectivos autovalores normalizados  $e_1, e_2, \dots, e_p$ , isto é, os autovetores satisfazem as seguintes condições: i)  $e_i, e_j = 0$ , para todo  $i \neq j$ ; ii)  $e_i, e_j = 1$ , para todo  $i = 1, 2, \dots, p$ ; iii)  $\Sigma_{pxp} e_i = \lambda_i e_i$ , para todo  $i = 1, 2, \dots, p$ ; sendo o autovalor denotado por  $(e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ip})'$ . Considera-se o vetor aleatório  $Y = O'X$ , em que  $O_{pxp}$  é a matriz ortogonal de dimensão  $pxp$ , constituída dos autovetores normalizados da matriz  $\Sigma_{pxp}$ , isto é,

$$O_{pxp} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{21} & \dots & e_{p1} \\ e_{12} & e_{22} & \dots & e_{p2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{1p} & e_{2p} & \dots & e_{pp} \end{bmatrix} = [e_1 e_2 \dots e_p]$$

O vetor  $Y$  é composto de  $p$  combinações lineares das variáveis aleatórias do vetor  $X$ , possui valor de médias igual a  $O'\mu$  e a matriz de covariância  $\Lambda_{pxp}$ , que é uma matriz diagonal, cujos elementos são iguais a  $a_{ii} = \lambda_i, i = 1, 2, \dots, p$ , isto é,

$$\Lambda_{pxp} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Para um melhor entendimento do método, algumas definições desenvolvidas em Mingoti (2005) fazem-se necessárias. A primeira definição é de que a  $j$ -ésima componente principal da matriz  $\Lambda_{pxp}, j = 1, 2, \dots, p$  é definida como:

$$Y_j = e_j X = e_{j1} X_1 + e_{j2} X_2 + \dots + e_{jp} X_p \quad (1)$$

A esperança e a variância da componente  $Y_j$  são, respectivamente, iguais a:

$$E[Y_j] = e_j \mu = e_{j1} \mu_1 + e_{j2} \mu_2 + \dots + e_{jp} \mu_p \quad (2)$$

$$Var[Y_j] = e_j \Lambda_{pxp} e_j = \lambda_j \quad (3)$$

sendo  $Cov[Y_j, Y_k] = 0, j \neq k$ . Cada autovalor  $\lambda_j$  representa a variância de uma componente principal  $Y_j$ . Como os autovalores estão em ordem decrescente, a primeira componente é a de maior variabilidade e a  $p$ -ésima é a de menor.

A segunda definição diz respeito à proporção da variância total de  $X$ , que é explicada pela  $j$ -ésima componente principal e é definida como:

$$\frac{Var[Y_j]}{Variância\ Total\ de\ X} = \frac{\lambda_j}{Traço(\Lambda_{pxp})} = \frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \quad (4)$$

Pelo teorema de decomposição espectral, as variâncias total e generalizada do vetor aleatório  $X$  podem ser descritas através de variância total e generalizada do vetor aleatório  $Y$ , uma vez que:

$$traço(\Lambda_{pxp}) = \sum_{i=1}^p \sigma_{ii} = \sum_{i=1}^p \lambda_i, \text{ onde } \sigma_{ii} = Var[X_i], i = 1, 2, \dots, p \quad (5)$$

$$|\Lambda_{pxp}| = \prod_{i=1}^p \lambda_i = |\Lambda_{pxp}| \quad (6)$$

Assim, em termos dessas duas medidas globais de variância, os vetores  $X$  e  $Y$  são equivalentes. Em geral, a razão da equação 4 é multiplicada por 100, indicando o resultado em porcentagem, e a primeira componente principal tem a maior proporção de explicação da variância total de  $X$ .

A definição 3 está associada à proporção da variância total, que é explicada pelas  $k$  primeiras componentes principais e é definida como:

$$\frac{Var[Y_j]}{Variância\ Total\ de\ X} = \frac{\lambda_j}{Traço(\Lambda_{pxp})} = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \quad (7)$$

Como conclui Mingoti (2005, p. 62):

Se as  $k$  primeiras componentes principais explicam uma grande parte da variância total do vetor  $X$ , pode-se restringir o foco de atenção apenas no vetor aleatório  $(Y_1, Y_2, \dots, Y_k)'$ . Dessa forma, um conjunto  $k$ -dimensional de variáveis aleatórias poderá ser examinado, ao invés de um conjunto  $p$  dimensional sem que com isso se perca muita informação sobre a estrutura de variância e covariância original do vetor  $X$ .

Pelo teorema da decomposição espectral, ao restringir-se o foco de atenção somente para as  $k$  primeiras componentes principais, a matriz de covariância  $\Sigma_{pp}$  será aproximada pela fórmula da equação 8:

$$\Sigma_{pp} = \sum_{j=1}^k \lambda_j e_j e_j' \quad (8)$$

Por fim, tem-se a definição 4, que expõe uma outra forma de se definir as componentes por meio do sistema de combinações lineares de  $X$ , constituído de  $p$  equações do tipo:

$$Y_i = a_i X = a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ip} X_p, \quad i=1, 2, \dots, p \quad (9)$$

Desse modo, tem-se que:

$$Var [ Y_j ] = a_j \Sigma_{pp} a_j' \quad (10)$$

$$Cov (Y_i, Y_j) = a_i \Sigma_{pp} a_j', \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 2, \dots, p \quad (11)$$

Assim, as  $p$  componentes principais são construídas, sendo únicas, exceto pela troca de sinal de todos os seus coeficientes. Por exemplo, se  $Y_i$  é uma componente principal,  $-Y_i$  também será uma componente principal de ordem  $i$ . Devido à própria forma de construção, a primeira componente principal é sempre a mais representativa, em termos da variância total, e a  $p$ -ésima é sempre a de menor representatividade (MINGOTI, 2005).

No que se refere à estimação das componentes principais por meio da matriz de covariâncias, Mingoti (2005) destaca que, na prática, a matriz  $\Sigma_{pp}$  é desconhecida e precisa ser estimada por meio dos dados amostrais coletados. Em geral, a matriz  $\Sigma_{pp}$  é estimada pela matriz de covariância amostral  $S_{pp}$ . Sejam  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$  os autovetores da matriz  $S_{pp}$ , e sejam  $e_1, e_2, \dots, e_p$  os correspondentes autovetores normalizados. Então, a  $j$ -ésima componente principal amostral estimada é definida por:

$$Y_j = e_j X = e_{j1} X_1 + e_{j2} X_2 + \dots + e_{jp} X_p, \quad j=1, 2, \dots, p \quad (12)$$

## 4 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DO CEARÁ E DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE

O estado do Ceará está situado ao norte da Região Nordeste do Brasil, com uma área total 148 920,472 km<sup>2</sup>, e possui 8.452.382 de habitantes. Com densidade demográfica de 56,76 hab/Km<sup>2</sup>, é o oitavo estado mais populoso do Brasil, e é composto por 184 municípios; entre eles, está SGA, na RMF, que possui 834,394 km<sup>2</sup> dista cerca de 65Km da capital e possui uma densidade demográfica de 52,67 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

Este município, por sua vez, destacou-se a partir dos anos 2000 no estado, dada a construção do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIP) e a instalação da Companhia Siderúrgica do Pecém, na Zona de Processamento de Exportação cearense. Tais acontecimentos vêm movimentando a economia da região (MELO et al., 2019). A seguir, faz-se uma breve apresentação socioeconômica do município de São Gonçalo do Amarante, em comparação com o estado e com o Brasil.

No que concerne ao PIB per capita, o Ceará apresentou, para esta variável, um valor que equivalia a cerca de 45% do valor para o Brasil. Já para SGA, este percentual ficou em 63%. Em comparação ao estado, o PIB per capita de SGA superou em cerca de 35% o valor da mesma variável para o Ceará (Tabela 1).

Em relação à concentração da distribuição da renda domiciliar per capita (índice de GINI), o Ceará e o Brasil estavam, praticamente, no mesmo patamar, e a diferença do valor para este indicador em São Gonçalo foi pequena. Ainda que o PIB per capita tenha sido maior, se comparado ao Ceará, há uma desigualdade na distribuição desta renda apontada pelo índice de Gini (0,5). Vale ressaltar que este indicador apresentou um valor menor do que aquele explicitado para o Brasil e para o estado do Ceará, sinalizando que a concentração era relativamente menor.

O índice de analfabetismo de SGA apresenta, por conseguinte, um valor percentual que é mais que dobro para o país. Além disso, a porcentagem de jovens que frequentavam o ensino superior, no ano de 2010, no estado, era cerca de 70% do mesmo índice para o Brasil, enquanto São Gonçalo do Amarante possuía cerca de 50% do indicador cearense.

**Tabela 1** -Brasil, Ceará e São Gonçalo do Amarante -Variáveis socioeconômicas selecionadas

Indicadores	Brasil	Ceará	São Gonçalo do Amarante
PIB per capita (2013)	R\$26.444,60	R\$12.393,40	R\$16.796,70
Expectativa de Vida (Anos-idade) (2010)	73,9	72,6	71,5
Analfabetismo (2010)	9,61%	18,74%	20,20%
Índice de Gini (2010)	0,60%	0,61%	0,50%
Mortalidade Infantil* (Abaixo de 1 ano) (2010)	17%	19%	22%
Renda per capita (2010)	R\$793,87	R\$460,53	R\$309,40
Ensino Superior (Jovens entre 18 - 24 anos) (2010)	13,95%	9,68%	5,15%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da plataforma Datapedia, 2019.

\*Taxa de mortalidade: a cada 1000 crianças nascidas.

Por fim, a taxa de mortalidade infantil, tanto do Ceará quanto de SGA, foi superior àquela apresentada para o país. Além disso, a expectativa de vida foi menor do que a expectativa de vida brasileira. Pode-se dizer que a renda per capita menor, associada à concentração de renda e à taxa de analfabetismo apresentados pelos indicadores expostos na Tabela 1, sinalizam um ambiente ainda pouco propício ao desenvolvimento de uma cidade inteligente com as seis características apontadas por Giffinger et al. (2007) – *Smart Economy, Smart People, Smart Governance, Smart Mobility, Smart Environment e Smart Living*.

Contudo, destaca-se que esse município vem ganhando evidência no estado do Ceará, desde a implantação do Complexo Portuário do Pecém e da atuação da Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP), localizada na Zona de Processamento das Exportações (ZPE). Esses equipamentos, quando implantados, fizeram com que SGA, a partir de 2016, desbancasse a principal região cearense exportadora, que era, até então, Fortaleza (MELO et al., 2019).

Em termos socioeconômicos, quando se comparam os IDHs de SGA dos anos de 1991 e 2010 para as três dimensões que compõem o índice (educação, longevidade e renda), assim como os seus valores globais, percebe-se uma melhora digna de nota. De acordo com dados disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), os valores apresentados para SGA, em 1991, foram de 0,55 para educação, 0,56 para longevidade e 0,46 para a renda. Já no ano de 2010, tais valores subiram para 0,75; 0,78 e 0,59, respectivamente. Esta mudança levou o índice global de 0,52 para 0,67.

Esse maior dinamismo econômico relativo de SGA, associado à melhora de indicadores, como o IDH, e ao projeto da Smart City Laguna, abre caminho para discussões e ações rumo a uma estrutura inteligente. Ainda que a Smart City Laguna, vendida como inteligente, tenha se localizado em SGA, por oportunidades econômicas, o conceito, por si, levanta questões associadas ao meio ambiente (que, em SGA, se revelam preocupantes, pelos dados do SEEG), à saúde, à educação, à moradia etc. Dessa forma, a localização da Smart City Laguna em SGA pode gerar uma via de mão dupla para o desenvolvimento baseado em estrutura inteligente, por oportunizar o debate e, possivelmente, incentivar ações que caracterizam uma cidade inteligente.

Tendo em vista que a educação é essencial para este tipo de estrutura e que SGA está em condição ainda pouco satisfatória, no que diz respeito aos indicadores relativos a esta dimensão, a infraestrutura tecnológica adequada para possíveis melhorias estaria associada ao fluxo *bottom-up* proposto por Dameri (2013), dado pela seguinte sequência: tecnologias – atores – projetos e iniciativas – metas – visão, política e regras – governança. Em termos de tecnologia, o Cinturão Digital do Ceará pode contribuir para uma maior democratização do acesso à internet, ferramenta essencial para melhorias na educação. Dessa maneira, a maior conexão de Fortaleza com mundo, por meio da ancoragem do cabo submarino de fibra óptica, pode, também, proporcionar *spilovers* de conhecimento intersetoriais para SGA.

## 4.1 Aplicação do método

Para todas as variáveis coletadas, foram feitas análises de normalidade utilizando-se o teste Anderson-Darling. Como pode ser observado na Tabela 2, apenas as variáveis expectativa de vida e água encanada seguem uma distribuição normal. Contudo, a condição de normalidade não é obrigatória para o uso do método ACP.

**Tabela 2** - Teste de Normalidade das Variáveis

Com grau de 95% de confiança: 0,05	P- Value	Distribuição normal
IDH ( $X_1$ )	0,005	N
PIBpc ( $X_2$ )	0,005	N
Exp_Vida ( $X_3$ )	0,013	S
Mort_inf. ( $X_4$ )	0,006	N
San_Bas. ( $X_5$ )	0,005	N
Água_Enc. ( $X_6$ )	0,058	S
Coleta_Lixo ( $X_7$ )	0,005	N
Ocup._EFC->18 ( $X_8$ )	0,005	N
Ocup._EMC->18 ( $X_9$ )	0,005	N
Ocup._ESC->18 ( $X_{10}$ )	0,005	N

Fonte: Elaboração própria, a partir dos resultados do software minitab, 2019.

Os resultados do cálculo dos componentes principais, por meio da construção da matriz de covariância, podem ser observados na Tabela 3, e seus respectivos autovalores e variâncias estão na Tabela 4. Vale ressaltar que as duas primeiras componentes explicam, aproximadamente, 66% da variância de todos os dados em análise, sendo 49,9% do CP1 e 16% pertencendo ao CP2. Deve-se salientar que a quantidade de dois componentes é considerada suficiente pelo fato de os dois primeiros CPs apresentarem autovalores maiores que a unidade e por esses autovalores dos componentes resumirem a variação dos dados de forma eficiente (NEISSE; HONGYU, 2016).

**Tabela 3** - Resultados para os autovalores, a variância e a variância acumulada

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
Autovalor	4,575	1,475	1,272	0,788	0,712	0,202	0,108	0,041	0,004	0,000
Variância	0,499	0,161	0,139	0,086	0,078	0,022	0,012	0,004	0,000	0,000
Acumulado	0,499	0,659	0,798	0,884	0,961	0,983	0,995	1,000	1,000	1,000

Fonte: Elaboração própria, a partir dos resultados do software minitab, 2019.

Pela matriz de covariância, denota-se que o coeficiente que assume o maior valor numérico positivo na primeira componente principal está associado à variável IDH, seguido das variáveis ensino fundamental e ensino médio, com, respectivamente, 0,425, 0,405 e 0,398. Os coeficientes com os maiores valores negativos, na primeira componente, foram: água encanada (-0,344) e mortalidade infantil (-0,306). Para a segunda componente principal, o coeficiente de maior valor positivo está atrelado à variável expectativa de vida (0,484) e o de maior valor numérico negativo está relacionada à variável mortalidade infantil (-0,494) (Tabela 4).

**Tabela 4** - Matriz de Covariância das Componentes Principais

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
X <sub>1</sub>	0,425	0,014	0,217	0,049	-0,058	-0,540	-0,675	-0,135	0,040	0,000
X <sub>2</sub>	0,259	0,056	0,130	-0,572	0,755	0,124	0,004	-0,012	-0,002	0,000
X <sub>3</sub>	0,319	0,484	-0,374	0,096	-0,017	0,043	0,023	0,000	-0,716	0,000
X <sub>4</sub>	-0,306	-0,494	0,396	-0,100	0,002	-0,037	-0,092	-0,018	-0,696	0,000
X <sub>5</sub>	-0,232	0,458	0,469	0,277	0,247	-0,462	0,398	-0,079	-0,022	0,000
X <sub>6</sub>	-0,344	0,403	0,256	0,208	0,120	0,528	-0,558	0,075	0,024	0,000
X <sub>7</sub>	-0,182	0,381	0,157	-0,718	-0,524	-0,079	0,003	-0,011	0,005	0,000
X <sub>8</sub>	0,405	-0,010	0,392	0,070	-0,161	0,128	0,140	0,784	-0,005	0,000
X <sub>9</sub>	0,398	-0,018	0,387	0,091	-0,206	0,386	0,201	-0,548	0,011	0,388
X <sub>10</sub>	0,168	-0,007	0,163	0,038	-0,087	0,163	0,084	-0,231	0,005	-0,922

Fonte: Elaboração própria, a partir dos resultados do software minitab, 2019.

No que se refere à matriz de correlação das componentes principais, nota-se que as duas primeiras componentes explicam 67% da variância dos dados (Tabela 4), enquanto, na Tabela 5, é possível observar a matriz propriamente dita.

**Tabela 5** - Autovalores, Variância e Variância Acumulada da Matriz de Correlação

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
Autovalor	5,207	1,476	1,412	0,792	0,729	0,222	0,111	0,048	0,004	0,000
Variância	0,521	0,148	0,141	0,079	0,073	0,022	0,011	0,005	0,000	0,000
Variância Acumulada	0,521	0,668	0,809	0,889	0,962	0,984	0,995	1,000	1,000	1,000

Fonte: Elaboração própria, a partir dos resultados do software minitab, 2019.

Na matriz de correlação entre os componentes principais e as variáveis analisadas, observa-se que o primeiro componente apresenta as maiores correlações positivas para as variáveis  $X_1$ ,  $X_8$ ,  $X_9$  e  $X_{10}$  (IDH; % dos ocupados com ensino fundamental completo, com idade maior ou igual a 18 anos; % dos ocupados com ensino médio completo com idade maior ou igual a 18 anos; % dos ocupados com ensino superior completo, com idade maior ou igual a 18 anos). Já as correlações negativas se apresentaram nas variáveis  $X_4$ ,  $X_5$ ,  $X_6$ ,  $X_7$  (mortalidade infantil, saneamento básico, água encanada e coleta de lixo) (Tabela 6).

**Tabela 6** -Matriz de correlação das Componentes Principais

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
$X_1$	0,403	0,004	0,132	-0,021	0,006	-0,611	0,639	-0,190	0,040	0,000
$X_2$	0,237	0,057	0,030	0,671	0,683	0,149	-0,002	-0,012	-0,002	0,000
$X_3$	0,283	0,524	-0,341	-0,114	-0,027	0,050	-0,021	0,004	-0,716	0,000
$X_4$	-0,269	-0,537	0,359	0,118	0,015	-0,051	0,091	-0,021	-0,696	0,000
$X_5$	-0,201	0,406	0,513	-0,218	0,319	-0,435	-0,431	-0,082	-0,022	0,000
$X_6$	-0,310	0,366	0,342	-0,189	0,145	0,483	0,597	0,074	0,024	0,000
$X_7$	-0,163	0,358	0,223	0,651	-0,604	-0,088	-0,007	-0,013	0,005	0,000
$X_8$	0,396	-0,040	0,314	-0,049	-0,086	0,006	-0,055	0,855	-0,004	0,000
$X_9$	0,393	-0,049	0,323	-0,081	-0,137	0,291	-0,137	-0,332	0,006	0,707
$X_{10}$	0,393	-0,049	0,323	-0,081	-0,137	0,291	-0,137	-0,332	0,006	-0,707

Fonte: Elaboração própria, a partir dos resultados do software Minitab, 2019.

Em relação à segunda componente principal, é possível denotar que as variáveis com maiores correlações positivas foram  $X_3$  e  $X_5$  (expectativa de vida e saneamento básico). Por outro lado, as variáveis com maiores correlações negativas foram  $X_4$ ,  $X_9$  e  $X_{10}$  (mortalidade infantil, % dos ocupados com ensino médio completo com idade maior ou igual a 18 anos, % dos ocupados com nível superior completo com idade maior ou igual a 18 anos).

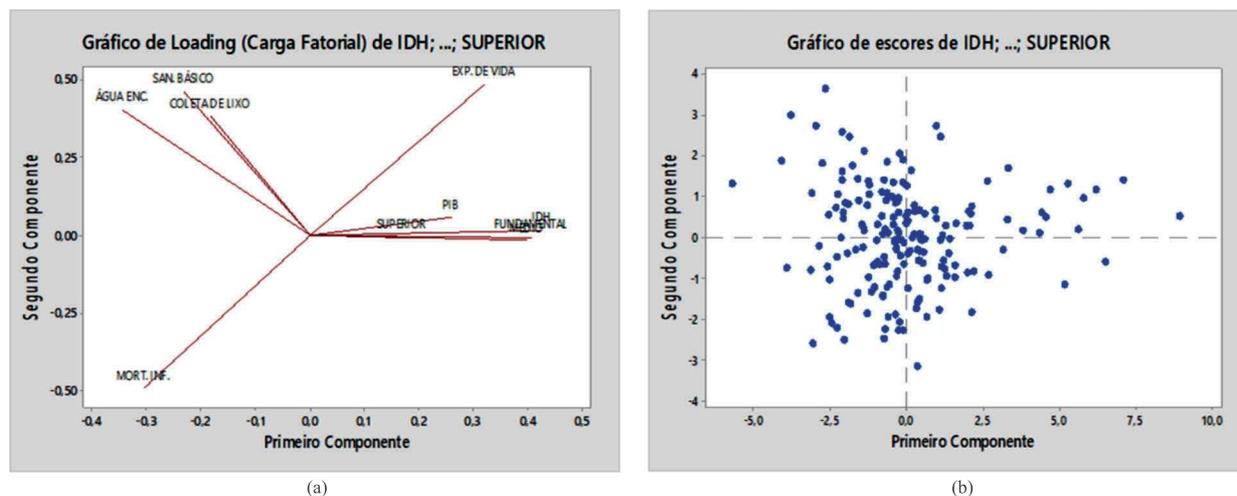
A Figura 1 mostra os dois primeiros componentes principais (eixos) analisados em quadrantes. Para cada eixo, os maiores valores de escores dos dois primeiros componentes principais indicam as variáveis mais representativas. No eixo 2 (segundo componente principal), os maiores valores ficaram associados às variáveis água encanada, saneamento e coleta de lixo. Logo, os municípios com os maiores escores relacionados a estas variáveis ficaram concentrados no quadrante 2.

No quadrante 1, ficaram as variáveis mais significativas para o eixo 1 (primeiro componente principal), que foram: PIB per capita, IDH, % dos ocupados com ensino fundamental completo com idade maior ou igual a 18 anos, % dos ocupados com ensino médio completo com idade maior ou igual a 18 anos, % dos ocupados com ensino fundamental completo com idade maior ou igual a 18 anos. No quadrante 4, nenhuma das variáveis em questão foi significativa. No quadrante 3, destacou-se somente a variável mortalidade infantil com valor negativo mais significativo, tanto para o eixo 1 quanto para o eixo dois. Vale ressaltar que o oposto ocorreu com a variável expectativa de vida, que apresentou valores significativos positivos altos, tanto do eixo 1 quanto do eixo 2.

A posição do município de SGA pode ser mais bem entendida pela Tabela 7. Usando os dois métodos de obtenção dos escores dos componentes principais (a matriz de correlação e a matriz de covariância), percebe-se que SGA encontra-se posicionado (pelos dois métodos) no conjunto dos quinze municípios mais dinâmicos, em termos de resultados dos indicadores socioeconômicos considerados, do estado do Ceará. Este resultado está atrelado, provavelmente, ao Complexo Portuário do Porto do Pecém. Contudo, vale destacar que uma variável importante, quando se trata de inovação, seria a educação em seus diversos níveis formais, e, como foi visto na Tabela 1, este município ainda contava com uma considerável taxa de analfabetismo (no ano de 2010), em comparação com o estado e com o Brasil. Pode-se considerar, então, que a posição de dinamismo

de SGA está atrelada mais expressivamente ao desempenho dos indicadores econômicos do que aos indicadores sociais.

**Figura 1** - Distribuição dos Escores (a) e Carga Fatorial (b) das Duas Primeiras Componentes Principais para as variáveis escolhidas (2010)



Fonte: Saída do Software Minitab, 2019.

**Tabela 7** - Posição dos municípios quanto aos escores de correlação e covariância

Município	Escores de Correlação	Posição	Município	Escores de Covariância	Posição
<b>Os quinze primeiros</b>					
Fortaleza	10,57	1	Fortaleza	8,97	1
Sobral	7,81	2	Sobral	7,09	2
Maracanaú	7,62	3	Maracanaú	6,51	3
Crato	7,40	4	Crato	6,21	4
Juazeiro do Norte	6,45	5	Eusébio	5,79	5
Pacatuba	6,37	6	Juazeiro do Norte	5,63	6
Eusébio	6,32	7	Barbalha	5,28	7
Barbalha	6,23	8	Pacatuba	5,20	8
Caucaia	5,33	9	Caucaia	4,70	9
Horizonte	5,18	10	Horizonte	4,55	10
Iguatu	4,69	11	Iguatu	4,40	11
Maranguape	4,59	12	Limoeiro do Norte	4,36	12
Limoeiro do Norte	4,50	13	Maranguape	3,80	13
São Gonçalo do Amarante	4,18	14	São Gonçalo do Amarante	3,34	14
Brejo Santo	3,54	15	Russas	3,29	15
<b>Os quinze últimos</b>					
Chaval	-2,81	170	Acopiara	-2,54	170
Mombaça	-2,92	171	General Sampaio	-2,55	171
Caririaçu	-2,93	172	Mombaça	-2,59	172
Araripe	-3,01	173	Parambu	-2,59	173
Acopiara	-3,05	174	Choró	-2,66	174
Saboeiro	-3,34	175	Trairi	-2,75	175
General Sampaio	-3,50	176	Aiuaba	-2,89	176
Aiuaba	-3,57	177	Granja	-2,99	177
Granja	-3,59	178	Saboeiro	-3,06	178
Parambu	-3,64	179	Viçosa do Ceará	-3,10	179
Viçosa do Ceará	-3,70	180	Chaval	-3,12	180
Ibaretama	-4,00	181	Ibaretama	-3,80	181

Município	Escores de Correlação	Posição	Município	Escores de Covariância	Posição
<b>Os quinze primeiros</b>					
Barroquinha	-4,21	182	Barroquinha	-3,91	182
Itatira	-4,31	183	Itatira	-4,08	183
Salitre	-6,36	184	Salitre	-5,72	184

Fonte: Elaboração própria, a partir dos resultados do software minitab, 2019.

Com a utilização do software Geoda para as escores de correlação e covariância, obteve-se a divisão dos municípios segundo a função *natural break*, processo conhecido como quebra estrutural ou método de otimização de Jenks (JENKS, 1967). Esse processo tem a possibilidade de encontrar grupos naturais, minimizando o desvio médio de cada classe em relação à classe média e maximizando o desvio da média de cada classe em relação à média de outros grupos em relação à distribuição geográfica. Assim, constata-se que 13 municípios possuem correlação acima ou igual a 4,183, enquanto a maioria dos municípios cearenses (73%) possui correlação abaixo de 0,964 (Figura 2). Com relação à covariância, 11 municípios registraram valores iguais ou acima de 4,364, enquanto 76% do total dos municípios cearenses obteve valores abaixo de 0,923 (Figura 2).

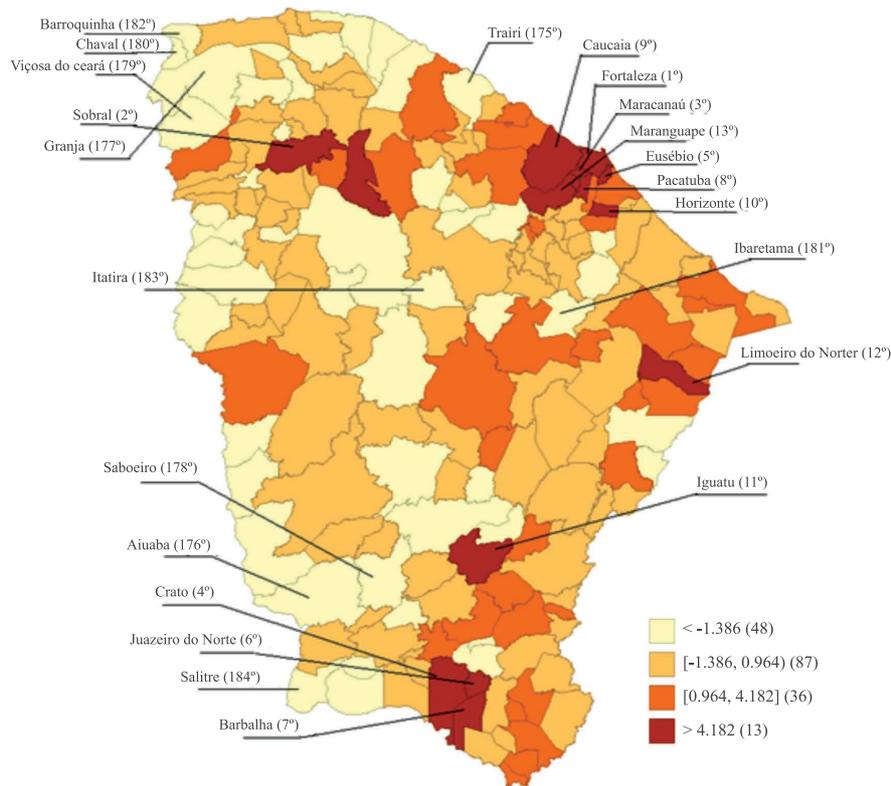
Tendo em vista que o desenvolvimento das cidades inteligentes está associado à inovação tecnológica, faz-se necessário observar alguns dados relativos a esta temática no Ceará. Lançando mão do estudo de Barroso (2020), que fez uso de dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), teve-se que o percentual dos dispêndios com atividades inovativas, em relação à receita líquida de vendas (RLV) das empresas industriais cearenses, cresceu entre as PINTECs de 2008 e 2017, saindo de 1,8%, no primeiro ano, para 2,8%, no segundo, o que coloca o Ceará em destaque regional.

Barroso (2020, p 16) estaca que estes indicadores embasam o argumento sobre um processo de concentração de gastos com inovação, com menos empresas, pois:

Note-se que, à medida que se reduz a taxa de inovação, ou seja, o percentual de empresas inovadoras na indústria cearense, se vai aumentando o percentual de gastos com atividades inovativas em relação a RLV total das empresas. Assim, no Ceará, verifica-se um número relativamente menor de empresas inovadoras gastando relativamente mais com atividades inovativas. Para ilustrar esta ideia, é possível encontrar nas Pesquisas (IBGE, 2010, 2013, 2016, 2020), que o número de empresas que implementaram inovação de produto e/ou processo cresceu entre as PINTECs 2008 e 2014, de 840 para 1.158 empresas, mas diminuiu significativamente na PINTEC 2017 para 594 empresas, uma redução de 48,7%.

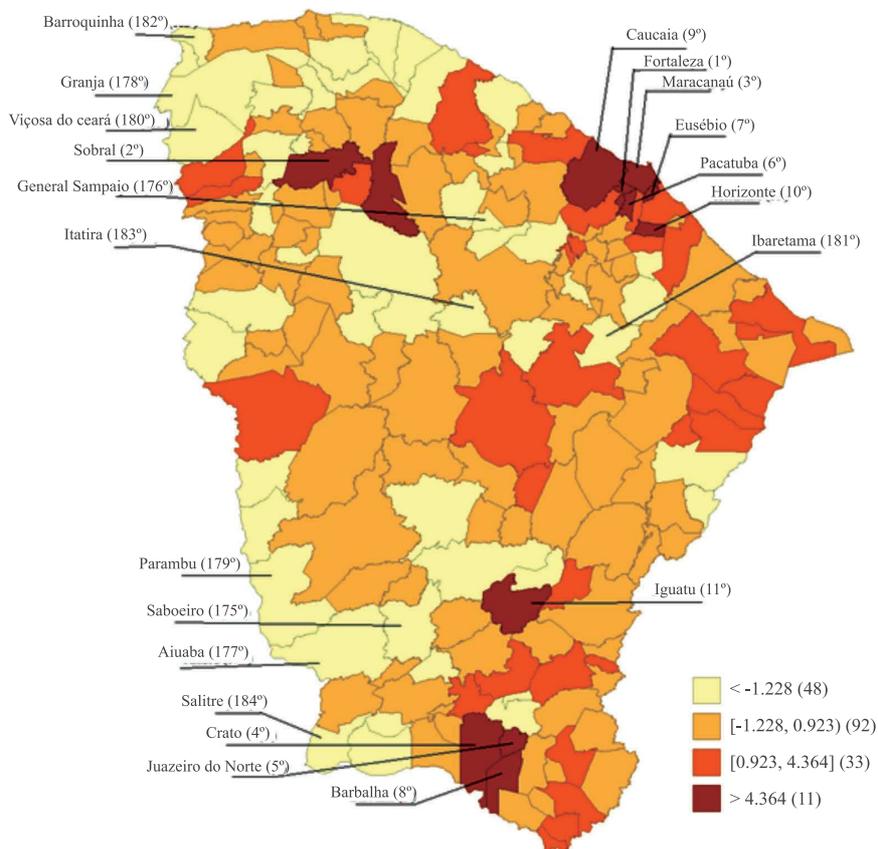
Por meio da Tabela 8, têm-se os indicadores para o estado do Ceará de gastos com P&D interno; gasto total com atividades inovativas e receita líquida de vendas (RLV), nos anos de 2011 e 2017. Nota-se que a taxa de crescimento dos gastos com atividades inovativas foi significativa e superou a taxa de crescimento da receita líquida de vendas (RLV), quando se comparam as pesquisas. No ano de 2017, a primeira subiu 33,2%, em relação a 2014, e a segunda cresceu 13,4%. No que diz respeito à proporção dos gastos com inovação destinada à atividade interna de P&D, pode-se ver que, salvo o ano de 2011, houve uma queda ao longo das pesquisas. Mas o total de recursos destinados a esta atividade se reduziu apenas em 2014 (-4,6%), com crescimento significativo em 2011 (73,9%), e crescendo relativamente menos (24,5%), em 2017.

**Figura 2 - Distribuição espacial segundo escores de correlação**



Fonte: Elaboração própria, 2010.

**Figura 3 - Distribuição espacial segundo escores de covariância**



Por meio da Tabela 8, têm-se os indicadores para o estado do Ceará de gastos com P&D interno; gasto total com atividades inovativas e receita líquida de vendas (RLV), nos anos de 2011 e 2017. Nota-se que a taxa de crescimento dos gastos com atividades inovativas foi significativa e superou a taxa de crescimento da receita líquida de vendas (RLV), quando se comparam as pesquisas. No ano de 2017, a primeira subiu 33,2%, em relação a 2014, e a segunda cresceu 13,4%. No que diz respeito à proporção dos gastos com inovação destinada à atividade interna de P&D, pode-se ver que, salvo o ano de 2011, houve uma queda ao longo das pesquisas. Mas o total de recursos destinados a esta atividade se reduziu apenas em 2014 (-4,6%), com crescimento significativo em 2011 (73,9%), e crescendo relativamente menos (24,5%), em 2017.

**Tabela 8** -Taxa de crescimento dos gastos com atividades inovativas; P&D interno, e receita líquida de vendas (RLV) das empresas industriais (%) - Ceará - anos de referência PINTECs: 2008 a 2017

Indicadores	2011	2014	2017
Gastos com P&D interno	73,9	-4,6	24,5
Gasto total com atividades inovativas	45,5	15,0	33,2
Receita líquida de vendas	10,5	14,2	13,4

Fonte: Extraído de Barroso (2020).

No geral, o Ceará ainda apresenta fragilidades ao desenvolver iniciativas na direção do objetivo da inovação (IPECE, 2015). Ainda segundo o IPECE (2015), apesar do avanço

tímido ocorrido em alguns indicadores cearenses, com modesta participação do governo e das universidades, o estado possui um poder de inovação limitado, o que contribui menos para o crescimento sustentado da economia estadual e de sua competitividade.

Por fim, utilizando-se dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério da Economia (2020), calculou-se, para o estado do Ceará, a variação percentual do emprego formal em setores da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) mais intensivos em inovação, assim como aqueles relacionados à saúde e à educação no ano de 2020 e 2019 (setores que estão presentes no conceito de cidades inteligentes) (Tabela 9).

**Tabela 9** – Variação do Emprego Formal em Setores Selecionados no Ceará, em 2010 e 2019

Setores	2010	2019	Varição %
Atividades de atenção à saúde humana	29.388	60.067	104,39
Atividades de prestação de serviços de informação	807	1.454	80,17
Atividades dos serviços de tecnologia da informação	4.534	9.613	112,02
Atividades ligadas ao patrimônio cultural e ambiental	66	118	78,79
Captação, tratamento e distribuição de água	1.994	2.583	29,54
Coleta, tratamento e disposição de resíduos	3.949	6.155	55,86
Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos	27	16	-40,74
Edição e edição integrada à impressão	2.826	1.214	-57,04
Educação	46.087	70.262	52,46
Eletricidade, gás e outras utilidades	2.059	2.268	10,15
Esgoto e atividades relacionadas	68	101	48,53
Obras de infraestrutura	21.749	16.144	-25,77
Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	1.724	1.937	12,35
Pesquisa e desenvolvimento científico	966	582	-39,75
Serviços de arquitetura e engenharia	3.834	5.338	39,23

Fonte: Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), Ministério da Economia, 2020.

Os destaques em termos das maiores variações positivas no emprego foram: atividades dos serviços de tecnologia da informação (112%); atividades de atenção à saúde básica (104%); atividades de prestação de serviços de informação (80%). Atenta-se para o fato de o setor de pesquisa e desenvolvimento científico ter apresentado variação negativa de (39,75%). Os resultados posi-

tivos dos setores ligados às TICs apontam para uma estrutura atual, possivelmente, mais voltada ao conceito de cidades digitais do que de cidades inteligentes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

O método de ACP adotado neste trabalho baseou-se em dez variáveis condicionantes. Assim, atingiu-se o objetivo proposto de investigar a configuração do desenvolvimento do estado do Ceará por meio de indicadores socioeconômico, a partir da utilização deste método, pois dois componentes foram extraídos (CP1 e CP2) com capacidade de explicar a maior variabilidade nos dados originais (66%).

Pela matriz de covariância, constatou-se que o coeficiente que assume o maior valor numérico positivo na primeira componente principal (CP1) está associado à variável IDH, seguido das variáveis ensino fundamental e ensino médio. Para a segunda componente principal (CP2), o coeficiente de maior valor positivo está atrelado à variável saneamento básico, enquanto o de maior valor numérico negativo está relacionado à variável mortalidade infantil.

Diante dos resultados, conclui-se que se fazem necessárias políticas mais específicas para melhorias na educação, na saúde e na infraestrutura dos municípios cearenses, em especial do município de São Gonçalo do Amarante, que já vem recebendo destaque, devido ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém e Companhia Siderúrgica na Zona de Processamento das Exportações. Essas variáveis serão, portanto, determinantes para a solidificação da cidade inteligente, mas não serão suficientes, tendo em vista o ambiente requerido para este tipo de estrutura.

A existência do complexo portuário fundamenta, por exemplo, a teoria da base de exportação de Douglas North, em que as atividades de comércio exterior induzem o surgimento de polos de distribuição e cidades especializados em produtos exportáveis. Tendo em vista que estas exportações se concentram em *commodities* e que uma cidade inteligente tem, na Tecnologia da Informação, sua base de sustentação, que está associada aos serviços de maior conteúdo tecnológico, faz-se necessária uma atuação dos agentes públicos e privados, no sentido de proporcionar o ambiente requerido.

Este ambiente somente será fortalecido diante de um projeto de desenvolvimento que contemple, por exemplo, os componentes destacados por Boiser (1996), quais sejam: instituições de educação e treinamento, P&D, consultoras de administração e tecnologia, capital de risco, capital de trabalho e decisões tomadas localmente. Os desdobramentos trazidos pela interação destes componentes para o desenvolvimento regional/local estão associados ao grau de organização do território, que, por sua vez, depende da existência, da articulação e das condições de manejo de seis elementos: os atores, as instituições, a cultura, os procedimentos, os recursos e o entorno.

Propõe-se, como agenda futura de pesquisa, que se faça um estudo minucioso sobre a estrutura produtiva dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Fortaleza, por meio, por exemplo, de indicadores de localização e especialização, para, assim, identificar possíveis mudanças que possam auxiliar na construção de um ambiente propício à consolidação de uma cidade inteligente. Supõe-se que atividades que contribuam para o fortalecimento das inteligências individual, coletiva e artificial assumam papel determinante na construção de uma cidade inteligente. Outro aspecto a ser tratado em pesquisa futura é a formação de capital social em municípios brasileiros, que, atualmente, contam, assim como São Gonçalo do Amarante, com estruturas ditas inteligentes, com o intuito de fazer uma análise comparativa.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL FILHO, J. A endogeneização no desenvolvimento econômico regional e local. **Revista Planejamento e políticas públicas**. n. 23, p. 261-286, 2001.
- Atlas do desenvolvimento humano do Brasil. **Indicadores das dimensões de desenvolvimento humano**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/>>. Acesso em: 05 de jul. de 2019.
- BARQUERO, A. V. Desenvolvimento Local: Novas Dinâmicas na Acumulação e Regulação do Capital. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v.16, n.1, p. 221-241, 1995.
- BARROSO, L.C. Pesquisa de Inovação (PINTEC 2008 a 2017): considerações sobre o desempenho do Nordeste e seus estados. **Informe ETENE**, ano 5, n.11, 2020.
- BEMBEM, A. H. C; SANTOS, P. L. V. A. C. Inteligência coletiva: um olhar sobre a produção de Pierre Lévy. **Perspectiva em Ciência da Informação**, v. 18, n. 4, p.139-151, out/dez, 2013.
- BOISIER, S. Em busca do esquivo desenvolvimento regional: entre a caixa preta e o projeto político. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, Ipea, n.13, p.112-147, 1996.
- BOURDIEU, P. Le capital social: notes provisoires. **Actes de la Recherche em Sciences Sociales**, n.31, p. 2-3, 1980. Disponível em: <[https://www.persee.fr/doc/arss\\_0335-5322\\_1980\\_num\\_31\\_1\\_2069](https://www.persee.fr/doc/arss_0335-5322_1980_num_31_1_2069)>. Acesso em: 31 de jan. de 2019.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 de set. de 2018.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Inovação - PINTEC 2017**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?edicao=27431&t=publicacoes>. Acesso em: 12 de maio de 2019.
- BRASIL. Ministério da Economia. **Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. Disponível em: Disponível em: <<http://bi.mte.gov.br/bgproger/login.php>>. Acesso em: 05 ab. de 2021.
- CARAGLIU, A; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **Journal of Urban Technology**, v.18, n.48, p.65-68, 2009.
- DAMERI, R. P. Searching for *smart city* definition: a comprehensive proposal. **International Journal of Computers & Technology**, v. 11, n.5, p. 2544–2551, 2013.
- DATAPEDIA. **Transformando dados em informação**. Disponível em: <<https://datapedia.info/>>. Acesso em: 20 de jun. de 2018.
- DESROCHERS, P. **Urban Diversity, Human Creativity and Technology Combination**. Institute for Policy Studies Johns Hopkins University, 2014.
- DINIZ, C. C. Global-local: interdependência e desigualdade ou notas para uma política tecnológica e industrial regionalizada no Brasil. BNDES/FINEP/FUJB. **Estudos Temáticos: Nota Técnica 09**. Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - IE/UFRJ. Rio de Janeiro, p. 2-29, 2000.
- EDQUIST, C; JOHNSON, B. **Systems of innovations: technologies, institutions and organizations**. Routledge, Londres e New Yourk, 1997. Disponível em: <[https://charlesedquist.files.wordpress.com/2015/06/science-technology-and-the-international-political-economy-series-charles-edquist-systems-of-innovation\\_-technologies-institutions-and-organizations-routledge-1997.pdf](https://charlesedquist.files.wordpress.com/2015/06/science-technology-and-the-international-political-economy-series-charles-edquist-systems-of-innovation_-technologies-institutions-and-organizations-routledge-1997.pdf)>. Acesso em 10 de jul. de 2019.

- ETICE – Empresa de Tecnologia da Informação do Ceará. **Cinturão Digital do Ceará**. Disponível em: <<https://www.etice.ce.gov.br/cinturao-digital-do-ceara/>>. Acesso em 02 de abril de 2021.
- FERREIRA, M. M. de O. et al. Cidade digital, o primeiro passo para uma cidade inteligente e humana: um estudo de caso no município de Cachoeiro de Itapemirim. **Revista Científica Ambiente Acadêmico**, v. 3, n. 1, 2017.
- FLORIDA, R. **A ascensão da classe criativa: e seu papel na transformação do trabalho, lazer, comunidade e cotidiano**. Tradução de Ana Luiza Lopes. Porto Alegre: L&PM Editores, 2011.
- GIFFINGER, R. et al. **Smart cities. Ranking of European medium-sized cities**. Final Report, Centre of Regional Science, Vienna: UT. 2007.
- IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD)/ FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP). **Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios Brasileiros – IDH**, 2013. Disponível em:<<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 20 de ago. de 2019.
- IPECE. **Estratégias de desenvolvimento econômico para o Estado do Ceará a partir do fortalecimento do setor produtivo, apoiado em Inovação e com foco na formação de capital humano**. 2015. Disponível em: <(Microsoft Word - Documento\_Final\_-\_vers\343o\_final\_jun\_2015 - parte I) (ipece.ce.gov.br)>. Acesso em: 30 de março de 2021.
- JENKS, G. **The data model concept in statistical mapping**. International Cartographic Association ed. International Yearbook of Cartography 7, 1967.
- JOHNSON, B. LUNDEVALL, B. Å. Promoting innovation systems as a response to the globalising learning economy. In: Cassiolato, J.E.; Lastres, H.M.M. (orgs.). **Seminário internacional de arranjos produtivos locais e novas políticas de desenvolvimento industrial e tecnológico**. BNDES and FINEP. Rio de Janeiro, September 4-5, 2000. Disponível em: <<http://www.race.nuca.ie.ufrj.br/gei/ativid/projetos/gil/particip/jcassio.htm>>. Acesso em 05 de ago. de 2019.
- JONES, C. I. **Introdução à Teoria do Crescimento Econômico**. Ed. Campus, São Paulo, 1998.
- LASTRES, H. M. M. et al. Globalização e inovação localizada. In: CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M. (orgs.). **Globalização e inovação localizada, experiências de sistemas locais no Mercosul**. IEL, 1999.
- LIMA, J.P.R. Traços gerais do desenvolvimento recente da economia do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.36, n. 1, p.20-42, 2005.
- LUNDEVALL, B. Å. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter Publishers, 404p, 1992.
- LUNDEVALL, B. Å.; JOHNSON, B. The learning economy. **Journal of Industry Studies**, v. 1, n. 2, p. 23-42,1994.
- MELO, M.C.P. de; BRAGA, F.L.P.; AMARAL FILHO, J. do. Comércio exterior cearense (1989-2016): restrições e potencialidades. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 50, n. 3, p.89-106, 2019.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de método de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**, Ed. UFMG, Belo Horizonte, 2005.
- MONASTERIO, L.; CAVALCANTE, L. R. Fundamentos do pensamento econômico regional. CRUZ, B. O. et. al. (Org). **Economia regional e urbana: teoria e métodos com ênfase no Brasil**, IPEA, Brasília, p.43-78, 2011.

MOTTA, D. A Admirável Inteligência das Coisas. **Rio Pesquisa**, n. 40, p. 26-29, 2009. Disponível em: <[http://www.faperj.br/downloads/revista/Rio\\_Pesquisa\\_40/empreendedorismo.pdf](http://www.faperj.br/downloads/revista/Rio_Pesquisa_40/empreendedorismo.pdf)>. Acesso em 08 de set. de 2019.

NEISSE, A. C.; HONGYU, K. Aplicação de Componentes Principais e Análise Fatorial a Dados Criminais de 26 Estados dos EUA. **Engineering and Science**, v.6, n. 2, p. 105-115, 2016.

SANTOS, F.L.G.; GUALDA, N.L.P.; CAMPOS, A.C. de. Diretrizes de Desenvolvimento para o Nordeste: As Ideias de Furtado Frente ao Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.44, n. 2, p.421-436, 2013.

SCHUMPETER, J.A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Edição original de 1911, Nova Cultural, São Paulo, 1982 (Os Economistas).

Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho (SEDET). Ceará Competitivo. 2020. Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2020/12/14/ancoragem-do-15o-cabo-submarino-de-fibra-optica-e-concluida-na-praia-do-futuro/>>. Acesso em: 02 de abril de 2021.

Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). **SEEG Municípios**. Disponível em: <<http://plataforma.seeg.eco.br/cities>>. Acesso em: 02 de abril de 2021.

SOBRAL, J. O. A inteligência humana: concepções e possibilidades. **Revista Científica Fac Mais**, v. 3, n. 1, p. 31-46, 2013.