

# Modelo exponencial para tendência de crescimento da população: Aplicação nas projecções da população de 2020-2030: Angola, Moçambique, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe e Namíbia

Exponential model for population growth trend: Application to 2020-2030 population projections: Angola, Mozambique, Cape Verde, S.Tomé and Prince and Namibia

---

---

Nelson da Cruz Cândido<sup>1</sup>

João de Jesus António Hebo<sup>2</sup>

Sandra Mara do Nascimento Oliveira<sup>3</sup>

## Resumo

A dinâmica das sociedades concentra em si, para além de outras variáveis a evolução temporal de populações (crescimento ou decréscimo). Neste artigo, procuramos esmiuçar a matemática aplicável a determinação das projecções da população de Angola, Moçambique, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe e Namíbia, no período de 2020 a 2030. A utilização de modelos matemáticos que descrevem a evolução temporal de populações pode ser extremamente útil para a escolha de medidas preventivas e/ou de controlo. São muitas as ferramentas matemáticas disponíveis, e uma escolha adequada depende tanto do tipo de informações disponíveis quanto dos objectivos alcançados. Com o propósito de explorar conteúdos matemáticos, neste trabalho procuramos introduzir a aplicação da modelagem matemática na projecção da população de Angola, Moçambique, Cabo verde, S. Tomé e Príncipe e Namíbia de 2020-2030, aplicando os conceitos matemáticos e estatísticos, função exponencial ( $e=2,718281828$ ), taxa de crescimento, intervalo de crescimento, variação populacional e outros. Assumimos um Intervalo de confiança de 95% e a taxa de equilíbrio de 5% ( $\chi=<5\%$ ), a partir da utilização de diferentes funções. Diferentes intervalos de crescimento são explorados, e as características e hipóteses básicas de cada intervalo proposto são apresentados, em função do crescimento anual. Uma comparação quantitativa e qualitativa é feita para validar o modelo obtido. Os resultados comparativos indicam que, em média, as estimativas e projecções provenientes da aplicação deste modelo matemático apresentam um nível de precisão dentro de uma margem aceitável.

**Palavras-chave:** Modelo exponencial. Tendência de Crescimento. Projecção da População.

---

<sup>1</sup> Licenciado em Matemática, Investigador e Especialista em Desenvolvimento Sustentável

<sup>2</sup> Mestre em Demografia, Especialista em Estatísticas e Políticas da População

<sup>3</sup> Mestre em Demografia e Especialista em Políticas da População

## Abstract

The dynamics of societies concentrates, in addition to other variables, the temporal evolution of populations (growth or decrease). In this article, we seek to scrutinize the mathematics applicable to the determination of population projections for Angola, Mozambique, Cape Verde, S. Tomé and Príncipe and Namibia, in the period from 2020 to 2030. The use of mathematical models that describe the temporal evolution of populations can be extremely useful for choosing preventive and/or control measures. There are many mathematical tools available, and an adequate choice depends both on the type of information available and on the objectives achieved. In order to explore mathematical contents, in this work we seek to introduce the application of mathematical modeling in the projection of the population of Angola, Mozambique, Cape Verde, S. Tomé and Príncipe and Namibia from 2020-2030, applying the mathematical and statistical concepts, exponential function ( $e=2.718281828$ ), growth rate, growth interval, population variation and others. We assume a 95% confidence interval and a 5% equilibrium rate (equilíbrio = < 5%), based upon using different functions. Different growth intervals are explored, and the basic characteristics and assumptions of each proposed interval are presented, as a function of annual growth. A quantitative and qualitative comparison is made to validate the obtained model. The comparative results indicate that, on average, the estimates and projections arising from the application of this mathematical model present a level of precision within an acceptable margin.

Keywords: Exponential model. Growth Trend. Population Projection.

## **Índice**

Resumo .....	1
Abstract.....	2
Introdução.....	4
Justificação .....	4
Metodologia .....	5
Formulação do modelo e teste de hipótese.....	5
Validação do Modelo .....	6
Conclusão e Recomendações .....	19
Agradecimentos.....	19
Anexos: Aplicação do modelo intervalar da projecção da população 2020 a 2030 .....	20
Referências .....	23

## **Introdução**

Em estatística, o conceito de intervalo de confiança (IC) corresponde a um tipo de estimativa por intervalo de um parâmetro populacional desconhecido. Introduzido na estatística por Jerzy Neyman [3] em 1937, como sendo um intervalo observado (calculado a partir de observações) que pode variar de amostra para amostra e que com dada frequência (nível de confiança) inclui o parâmetro de interesse real não observável.

Como os dados observados são amostras aleatórias da população, o intervalo de confiança construído a partir dos dados também é aleatório. Entretanto, o intervalo de confiança calculado a partir de uma amostra particular não inclui necessariamente o valor real do parâmetro.

O nível de confiança é a frequência com a qual o intervalo observado contém o parâmetro real de interesse quando o experimento é repetido várias vezes. Em outras palavras, o nível de confiança seria a proporção de intervalos de confiança construídos em experimentos separados da mesma população e com o mesmo procedimento que contém o parâmetro de interesse real. Em geral, refere-se ao intervalo de confiança quando as duas extremidades de estimativa intervalar são finitas. Entretanto, refere-se a limites superiores e inferiores do intervalo de confiança quando uma das extremidades é infinita.

O recenseamento da população, em termos de realização, é de periodicidade decenal. Para se manter actualizada as informações demográficas, há necessidade de projectar a população dos anos que intercalam esses períodos e outros. Os órgãos de estatística oficiais realizaram e publicam a projecção da população para diversos períodos segundo a necessidade de cada sociedade, nesse contexto, o objectivo deste estudo é aplicar o modelo matemático na tendência de crescimento apresentado na projecção da população.

As projecções populacionais são essencialmente para a orientação de políticas públicas, instrumentos valiosos para todas as esferas de planeamento, tanto na administração pública quanto na privada. É entendida, como um valor acrescentado para planear o desenvolvimento económico, social, político e ambiental de diversos países.

## **Justificação**

O estudo aqui proposto, apresenta um modelo matemático exponencial intervalar que visa provar as estimativas da população de cinco países, nomeadamente Angola, Cabo Verde, Moçambique, Namíbia e São Tomé e Príncipe, no período de 2020 a 2030. Dos países em estudo, como é óbvio os censos foram realizados em distintos anos, com populações diferentes e com características sociodemográficas e outros factores não comparáveis, mas o centro dessa abordagem é a aplicação do modelo observando as suas projecções nos anos de 2020 a 2030.

## Metodologia

Uma forma para o entendimento da dinâmica populacional é considerar que as populações interagem para persistirem, e para tal necessitam aumentar. A proposta de recurso à utilização da matemática para descrever o crescimento de uma população humana começou com o economista inglês T. R. Malthus [1]. No modelo, Malthus, assume que o crescimento de uma população é proporcional à população em cada instante, e desta forma a população humana deveria crescer sem nenhuma inibição. Esse modelo propõe um crescimento de vida otimizada, sem fome, guerra, epidemia ou qualquer catástrofe, onde todos os indivíduos são idênticos, com o mesmo comportamento. O modelo de Malthus se baseia numa equação diferencial muito simples mesmo para época em que foi formulado.

Avaliando as projecções da população de Angola, Moçambique, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe e Namíbia, desenvolveu-se o modelo exponencial intervalar aplicado nas projecções de 2020 a 2030. Este estudo traz a compreensão da projecção da população aplicado o **modelo exponencial intervalar, que define um intervalo de confiança de 95% e nível de significância de 5%**.

### Formulação do modelo e teste de hipótese

Se observamos os valores da projecção da população 2020-2030, verificamos que as taxas de crescimento relativas tendem a diminuir com o tempo. Para os países que servem de base do presente estudo, a taxa de crescimento populacional, no período de 2020 a 2030, encontra-se no intervalo de 1.6% a 3.2%. Segundo o matemático belga Pierre F. Verhurst [2], “uma população, vivendo num determinado meio, deverá crescer até um limite máximo sustentável, isto é, ela tende a se estabilizar”, gerando uma queda de crescimento da população que deve estar sujeita a um factor inibidor de proporcionalidade, considerando a taxa de crescimento relativa decrescente em relação à população, em cada instante.

O **modelo exponencial intervalar**, gera um intervalo de confiança de 95% para a projecção da população numa base de  $e=2.718281828$ ,

$$N = k * \gamma * e^6 \quad (1)$$

$$\gamma \in [\Delta_k; \Delta_{k+\delta}]$$

$$\Delta_k, \Delta_{k+\delta} > 0$$

Onde:

N: População projectada para o ano  $n+1$ ;

K=constante, tomamos  $k = 10^4$

$e=2,718281828$

$\Delta_k$ : limite inferior do intervalo de projecção da população

$\Delta_{k+\delta}$ : limite superior do intervalo da projecção da população

A população projectada de um determinado ano  $n$  para um dado ano  $n+1$  terá um nível de confiança de 95% (I.C), assumindo os limites inferiores e superiores em:

$$N_i = \Delta_k * \gamma * e^6 \quad \text{e} \quad N_f = \Delta_{k+\delta} * \gamma * e^6, \text{ ademais}$$

$$N_i < N < N_s \text{ o que implica que } \Delta_k < k < \Delta_{k+\delta}$$

O modelo exponencial, adoptado nesse estudo, que denominamos **modelo exponencial intervalar** a sua hipótese básica é que a população cresce sem qualquer restrição, dentro de um intervalo, definindo um parâmetro  $N$ , dentro deste intervalo, que é necessariamente a população projectada do ano  $n$ , para o ano  $n+1$ , não admitindo factores que regulam o seu crescimento, tais como: epidemias, guerras, fome, entre outros. Supõe-se que o número total de indivíduos varia com o tempo, dependendo da quantidade presente em cada instante. Admitindo-se que o intervalo de crescimento é contínua, condição necessária para que a taxa de crescimento seja contínua, o modelo exponencial intervalar é descrito pela equação (1).

### Validação do Modelo

Para este estudo, analisou-se a projecção de 2020 a 2030, dos seguintes países: Angola, Moçambique, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe e Namíbia. Tendo em consideração o tamanho da população de cada país, é apresentado o intervalo de crescimento que será demonstrado caso a caso:

Para Angola a população nesse período decenal a variação intervalar de  $\gamma \in [7,48494; 7,72538]$  para 2020 a  $\gamma \in [10,08681; 10,36299]$  para 2030;

Exemplo 1.1: Aplicar a equação (1) na população de Angola de 2020

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2020,  $\gamma \in [7,48494; 7,72538]$ ;  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 7,48494$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 7,48495 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 30\,196\,403$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 7,72538$ , como o limite superior do intervalo,

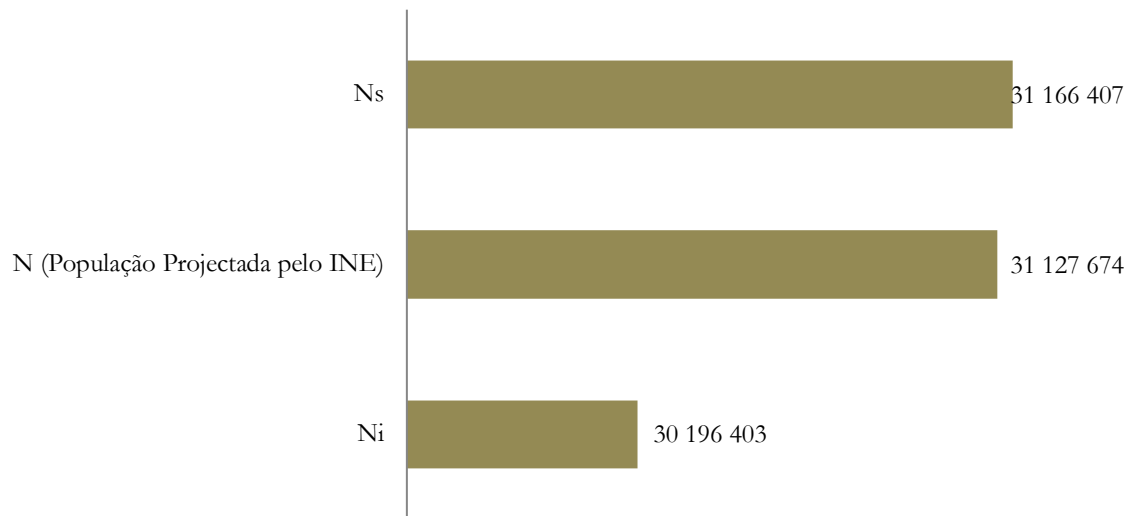
$$N_s = 7,72538 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 31\,166\,407$$

A projecção da população do INE-Angola para o ano de 2020 é  $N = 31\,127\,674$ , logo, **cumpre-se que**

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 1.1: Aplicação do modelo na população de Angola, 2020



Exemplo 1.2: Aplicação da equação (1) na população de Angola, 2029

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2020,  $\gamma \in [9,81063; 10,08681]$ ;  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 9,81063$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 9,81063 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

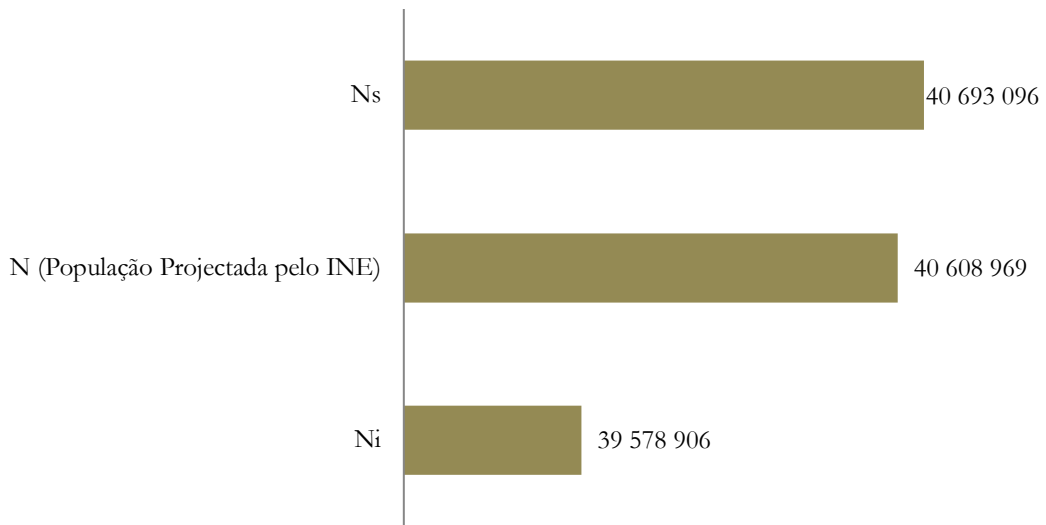
$$N_i = 39\,578\,906$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 10,08681$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 10,08681 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 40\,693\,096$$

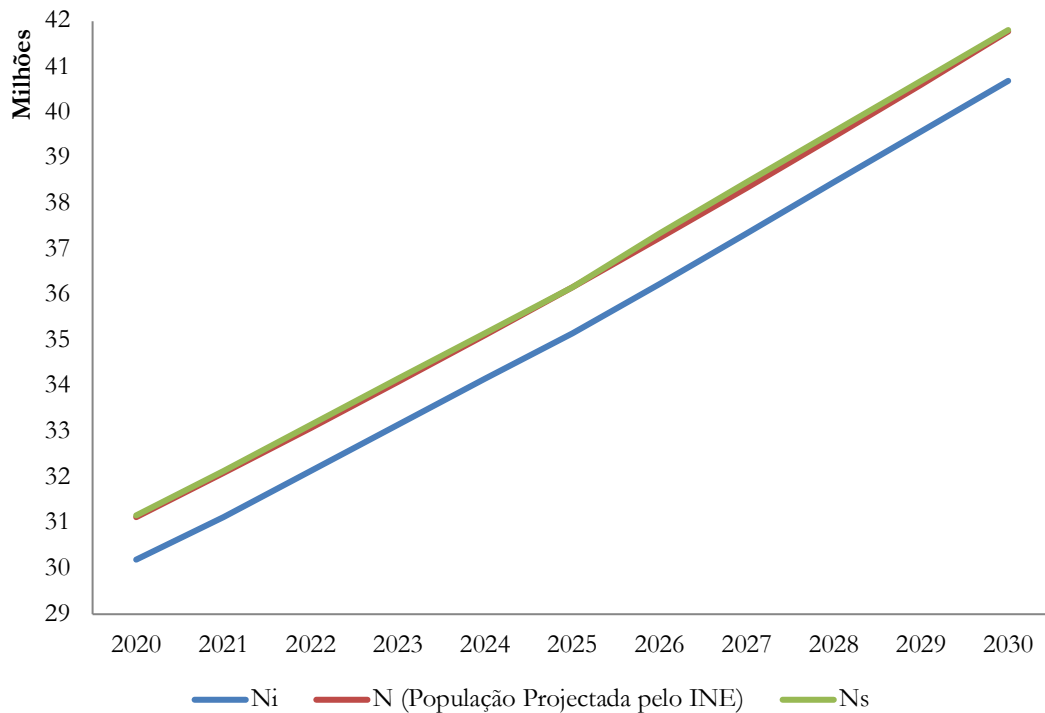
Gráfico 1.2: Aplicação do modelo na população de Angola, 2029



A projecção da população do INE-Angola para o ano de 2029 é  $N = 40\,608\,969$ , logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 1.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e a projecção da população do INE-Angola, 2020-2030.





Para Moçambique a população nesse período decenal a variação intervalar de  $\gamma \in [7,24940; 7,28001]$  para 2020 a  $\gamma \in [9,02972; 9,23340]$  para 2030;

Exemplo 2.1: Aplicação da equação (1) na população de Moçambique, 2020

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2020,  $\gamma \in [7,24940; 7,28001]$ ;  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 7,24940$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 7,23494 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 29\,246\,167$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 7,28001$ , como o limite superior do intervalo,

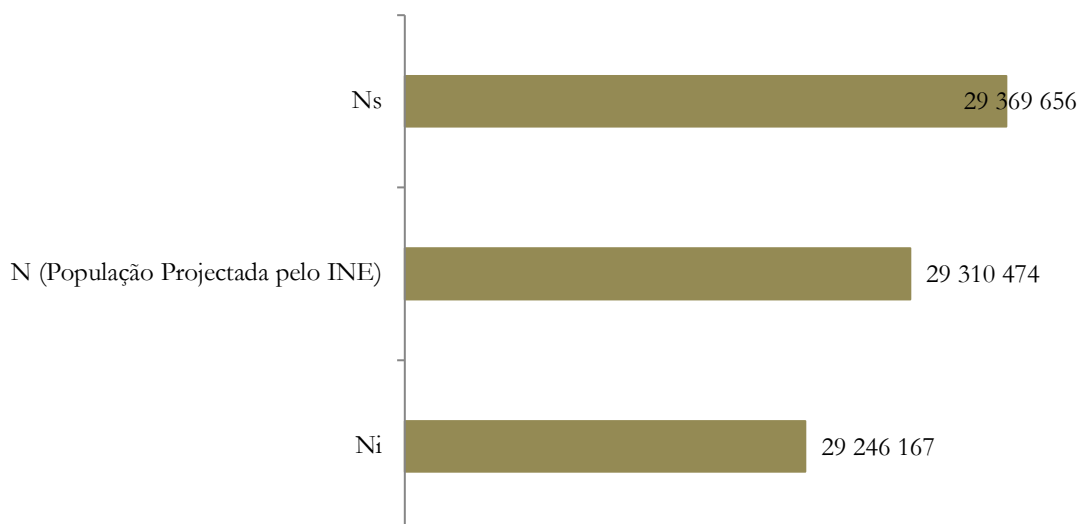
$$N_s = 7,28001 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 29\,369\,656$$

A projecção da população do INE-Moçambique para o ano de 2020 é  $N = 29\,310\,474$ , logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 2.1: Aplicação do modelo na população de Moçambique, 2020



Exemplo 2.2: Aplicação do modelo na população de Moçambique, 2025

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2025,  $\gamma \in [8,04607; 8,23805]$ ;  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 8,04607$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 8,04607 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 32\,460\,143$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 8,22653$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 8,23805 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 33\,234\,682$$

A projecção da população do INE-Moçambique para o ano de 2025 é  $N = 33164996$ , logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 2.2: Aplicação do modelo na população de Moçambique, 2025

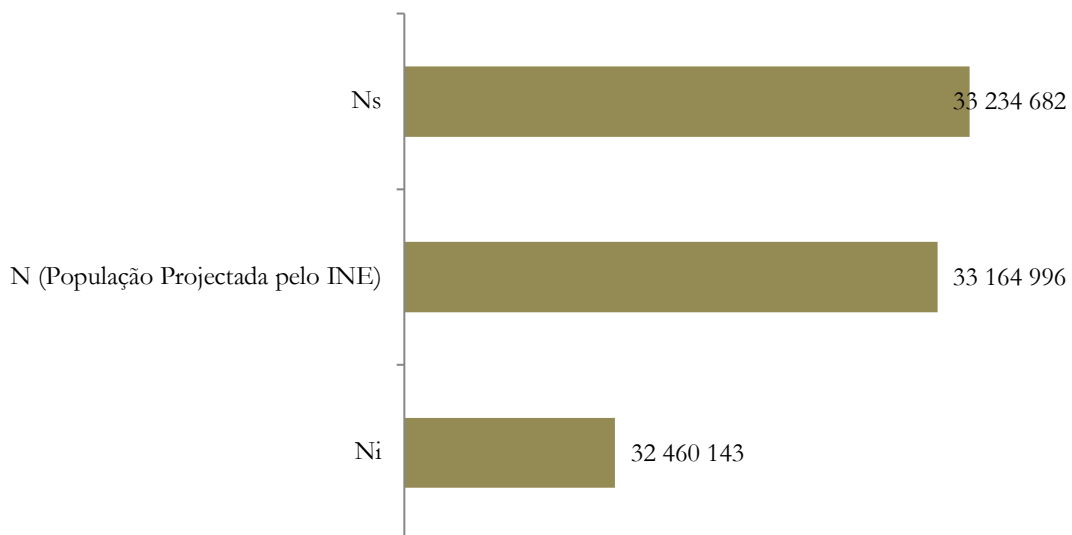
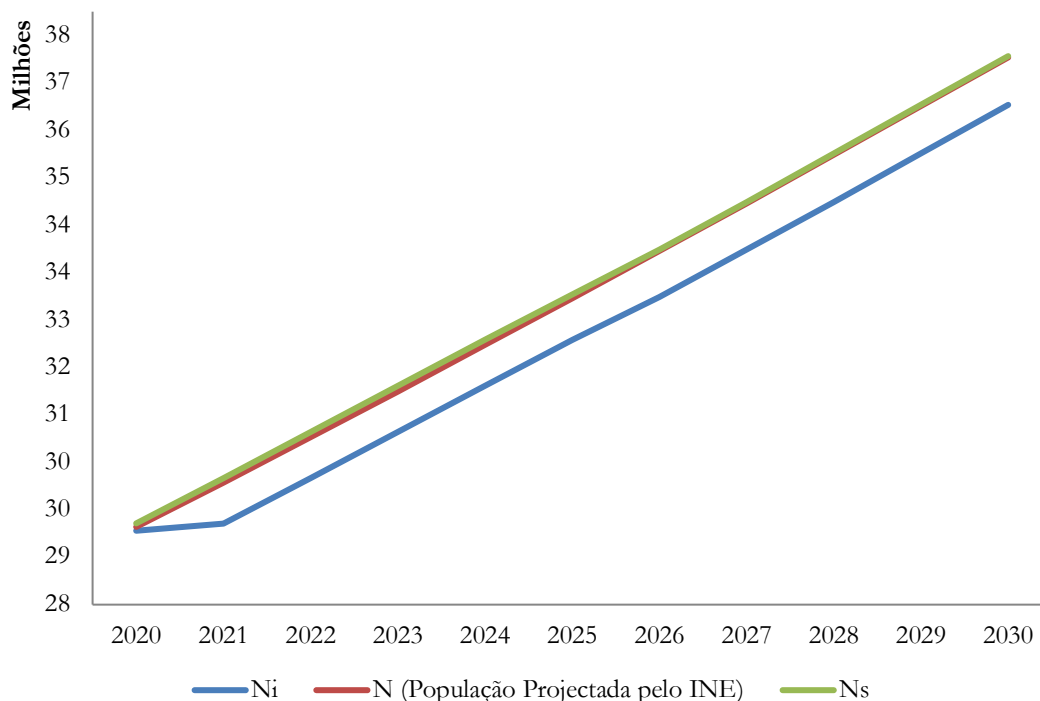


Gráfico 2.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e a projecção da população do INE Moçambique, 2020-2030



Para Cabo Verde a população nesse período decenal assume variação intervalar de  $\gamma \in [0,13654; 0,138156]$  para 2020 a  $\gamma \in [0,15270; 0,15432]$  para 2030;

Exemplo 3.1: Aplicação da equação (1) para a população de Cabo Verde, 2021

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2021,  $\gamma \in [0,13654; 0,13977]$  e  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 0,13654$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,13654 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 557361$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 0,139772$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,13977 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

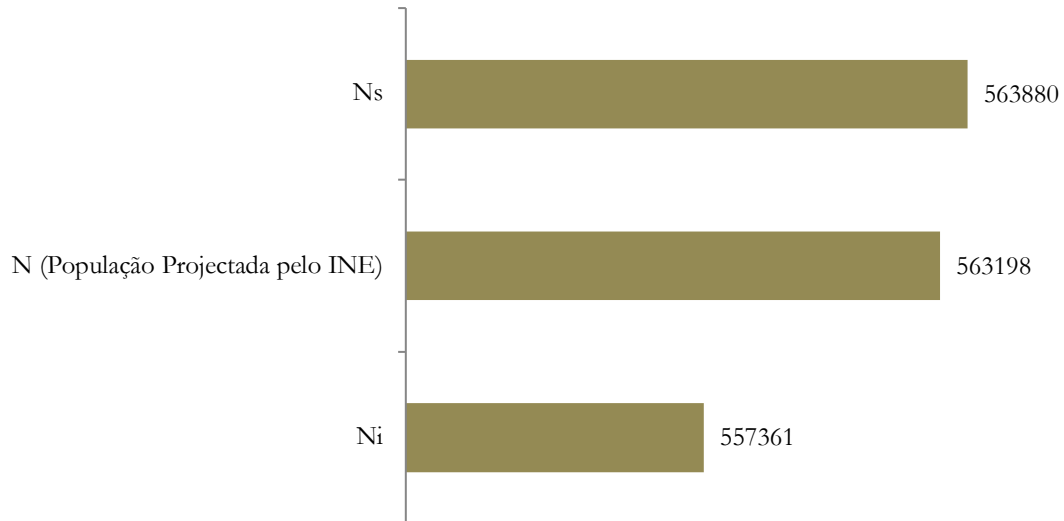
$$N_s = 563880$$

A projecção da população do INE-Cabo Verde para o ano de 2021 é  $N = 563198$

logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 3.1: Aplicação do modelo na população de Cabo Verde, 2021



Exemplo 3.2: Aplicação do modelo para população de Cabo Verde, 2028

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2028,  $\gamma \in [0,149468; 0,151084]$ ;  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 0,149468$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,149468 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 602997$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 0,151084$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,151084 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 609516$$

A projecção da população do INE-Cabo Verde para o ano de 2028 é  $N = 607625$ , logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 3.2: Aplicação do modelo na população de Cabo Verde, 2028

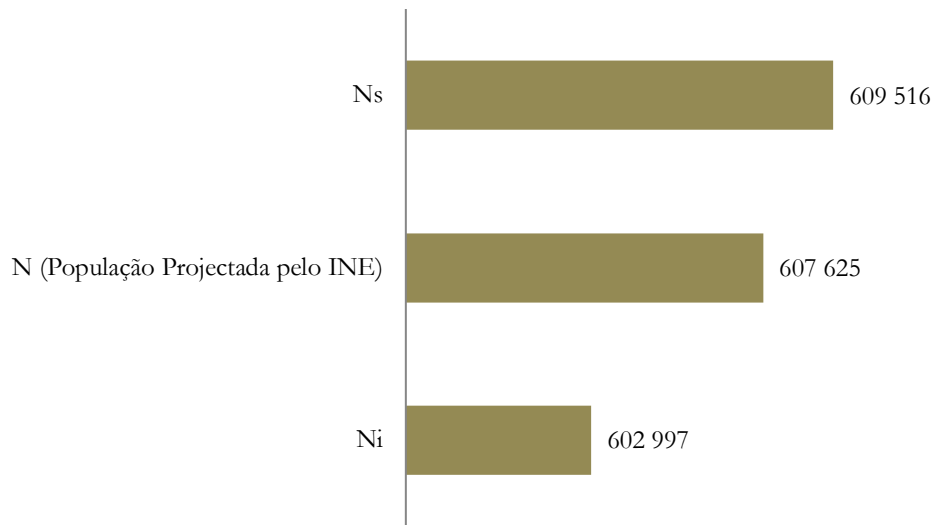
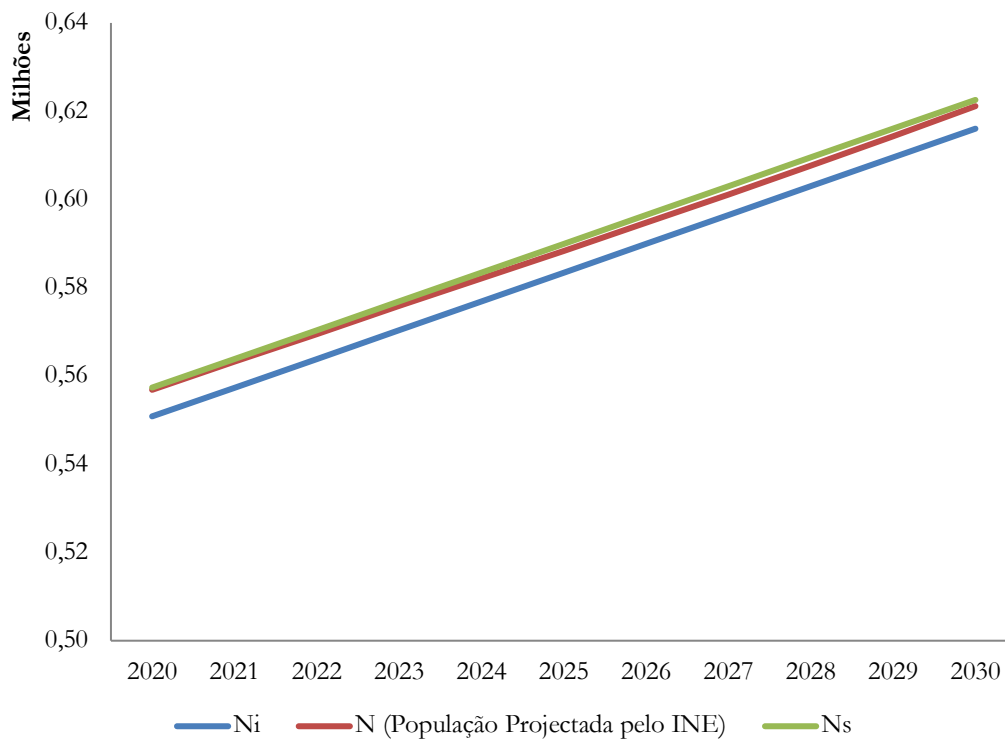


Gráfico 3.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e a projecção da população do INE Cabo Verde, 2020-2030



Para Namíbia a população nesse período decenal, assume o intervalo de  $\gamma \in [0,66174; 0,67236]$  para 2020 a  $\gamma \in [0,79205; 0,81690]$  para 2030;

Exemplo 4.1: Aplicação equação (1) na população da Namíbia para 2022

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2022,  $\gamma \in [0,68718; 0,70242]$  e  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 0,68298$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,68718 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 2\,772\,282$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 0,69679$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,70242 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

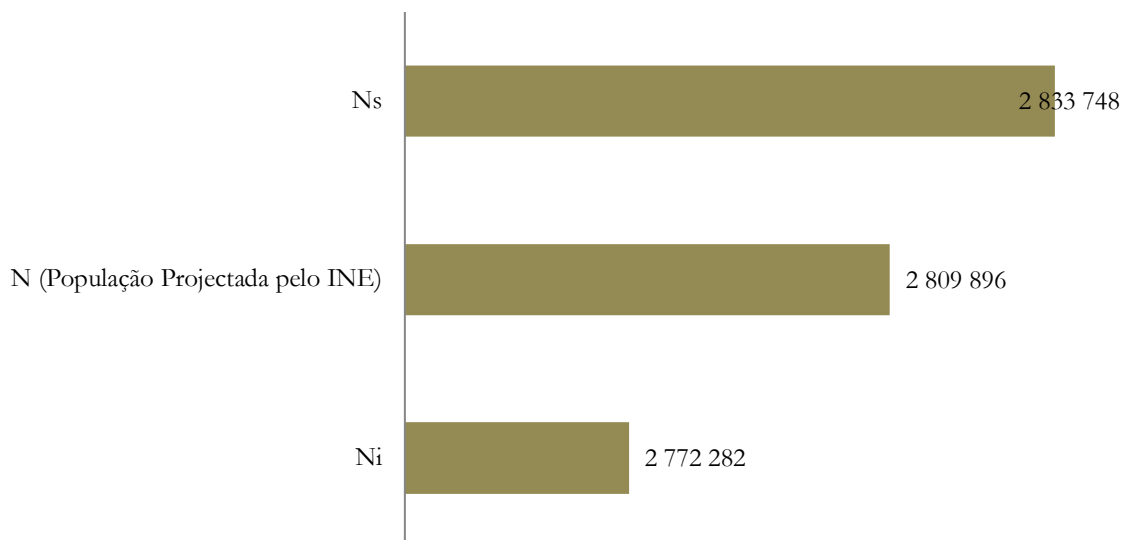
$$N_s = 2\,833\,748$$

A projecção da população do Central Bureau of Statistics da Namíbia para o ano de 2022 é  $N = 2\,809\,896$

logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 4.1: Aplicação do modelo na população da Namíbia, 2022



Exemplo 4.2: Aplicação do modelo na população da Namíbia, 2029

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2029,  $\gamma \in [0,78077; 0,79286]$ ;  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 0,78077$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,78077 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 3\,149\,861$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 0,79286$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,79286 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 3\,198\,644$$

A projecção da população do Central Bureau of Statistics da Namíbia para o ano de 2029 é  $N = 3\,181\,374$ , logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 4.2: Aplicação do modelo na população da Namíbia, 2029

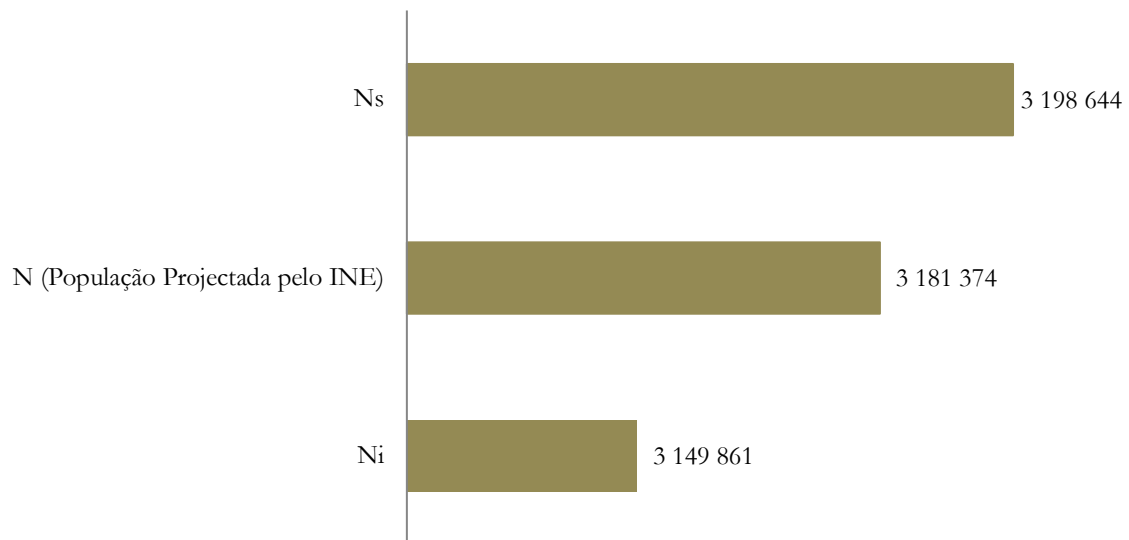
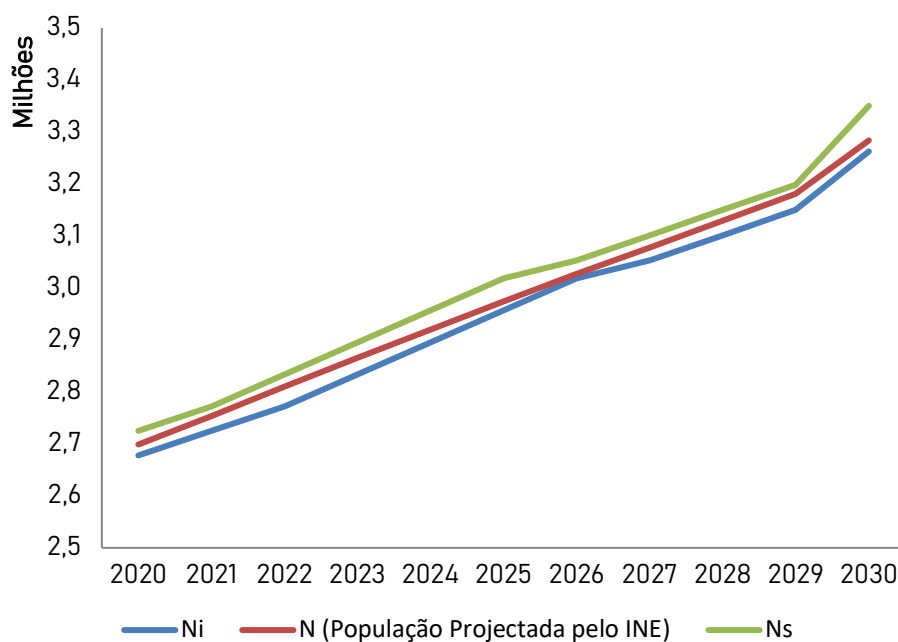


Gráfico 4.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e a projecção da população Central Bureau of Statistics-Namíbia de 2020-2030



Para S. Tomé e Príncipe a população nesse período decenal, assume a variação intervalar de  $\gamma \in [0,05196; 0,053001]$  para 2020 a  $\gamma \in [0,06279; 0,06404]$  para 2030;

Exemplo 5.1: Aplicação do modelo na população da S. Tomé e Príncipe, 2021

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2022,  $\gamma \in [0,05300; 0,05404]$  e  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 0,05300$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,05300 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 213\ 821$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 0,05404$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,05404 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 218\ 021$$

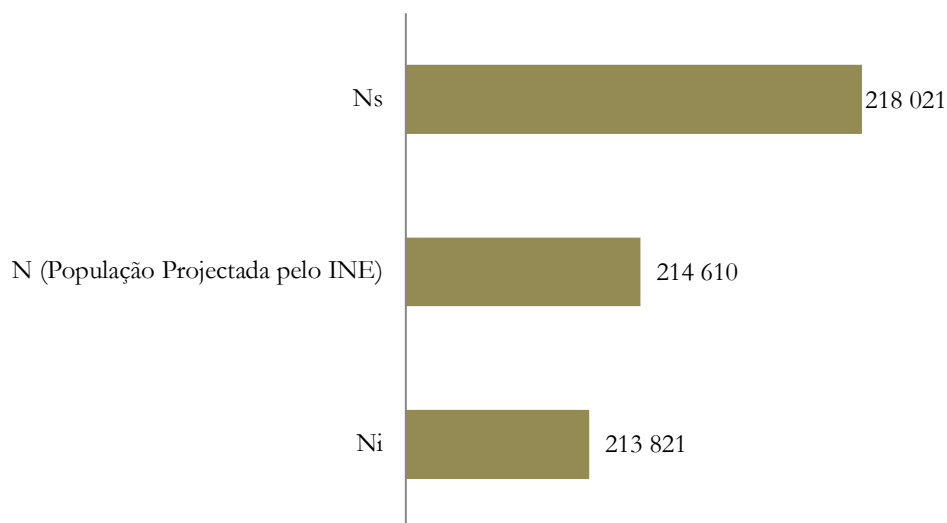
A projecção da população do INE-S. Tomé e Príncipe para o ano de 2021 é  $N = 214\ 610$ ,

logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$



Gráfico 5.1: Aplicação do modelo na população da S. Tomé e Príncipe, 2021



Exemplo 2: Aplicação do modelo para população de S. Tomé e Príncipe para 2030

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2030,  $\gamma \in [0,06279; 0,06404]$ ;  $k = 10^4$ .

Tomado  $\Delta_k = 0,06279$ , como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,06279 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 253\,298$$

Tomado  $\Delta_{k+\delta} = 0,06404$ , como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,06404 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 258\,338$$

A projecção da população do INE- S. Tomé e Príncipe para o ano de 2030 é  $N = 258\,184$ , logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 5.1: Aplicação do modelo na população da S. Tomé e Príncipe, 2030

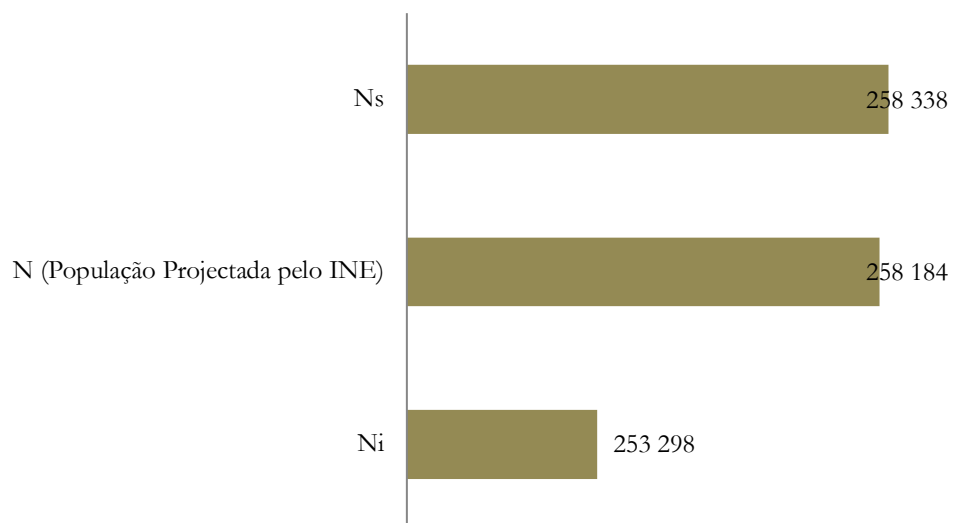
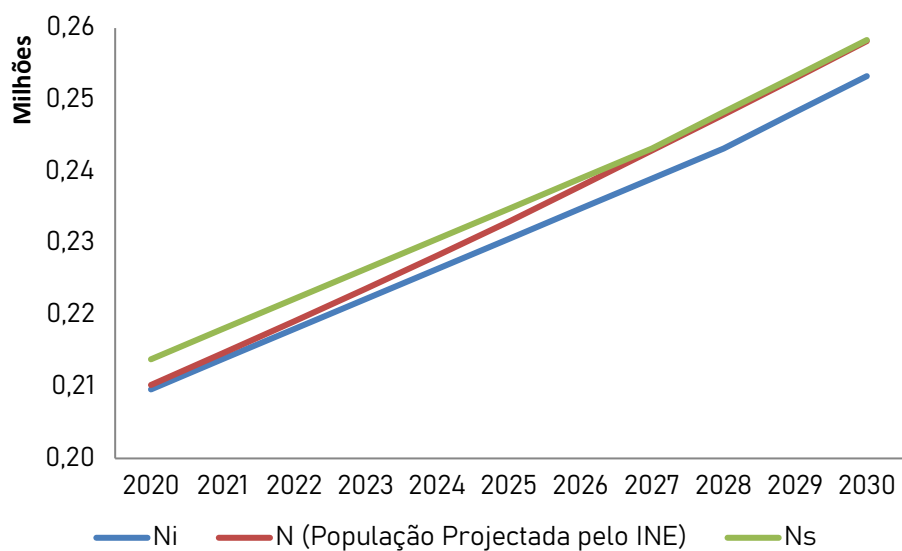


Gráfico 5.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e a projecção da população do INE-S. Tomé e Príncipe de 2020 a 2030



## **Conclusão e Recomendações**

Acreditamos que o presente estudo apresenta-se como uma ferramenta de análise da tendência demográfica, com o ênfase para os desafios e as oportunidades para os planos de desenvolvimento estratégico das sociedades. As projecções dos dados de populações constituem relevância na medida em que servem de suporte às decisões para o desenvolvimento de acções dos agentes económicos, dos mais variados sectores de actividade.

Tendo como base as projecções desenvolvidas pelos órgãos oficiais de cada país, designadamente, Angola, Moçambique, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe e Namíbia, desenvolvemos o presente modelo para aplicação na determinação das estimativas intervalar da população.

Recomendamos a aplicação deste modelo no cálculo das projecções da população.

## **Agradecimentos**

Agradecimentos a AJS Financial Advisory Services e a todos que tornaram possível a publicação deste artigo.

## Anexos: Aplicação do modelo intervalar da projecção da população 2020 a 2030

$$N = k\gamma e^6$$

### 1. Angola

Quadro 1: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

Angola	$N_i$	Projecção (INE)	$N_s$
2020	30 196 403	31 127 674	31 166 407
2021	31 127 678	32 097 671	32 136 411
2022	32 136 411	33 086 278	33 145 145
2023	33 145 145	34 094 077	34 153 878
2024	34 153 878	35 121 734	35 162 612
2025	35 162 612	36 170 961	36 171 345
2026	36 236 337	37 243 484	37 350 527
2027	37 350 527	38 340 130	38 464 717
2028	38 464 717	39 461 732	39 578 906
2029	39 578 906	40 608 969	40 693 096
2030	40 693 096	41 777 194	41 807 285

### 2. Moçambique

Quadro 2: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

Moçambique	$N_i$	Projecção (INE)	$N_s$
2020	29 246 167	29 310 474	29 369 656
2021	29 369 656	30 061 139	30 136 527
2022	30 136 527	30 822 552	30 911 065
2023	30 911 065	31 593 822	31 685 604
2024	31 685 604	32 374 779	32 460 143
2025	32 460 143	33 164 996	33 234 682
2026	33 189 533	33 964 025	33 987 308
2027	33 987 308	34 770 750	34 785 083
2028	34 785 083	35 584 273	35 606 792
2029	35 606 792	36 403 929	36 428 500
2030	36 428 500	37 228 722	37 250 208

### 3. Cabo Verde

Quadro 3: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

<b>Cabo Verde</b>	<b>N<sub>i</sub></b>	<b>Projecção (INE)</b>	<b>N<sub>s</sub></b>
<b>2020</b>	550 842	556 857	557 361
<b>2021</b>	557 361	563 198	563 880
<b>2022</b>	563 880	569 509	570 400
<b>2023</b>	570 400	575 803	576 919
<b>2024</b>	576 919	582 095	583 439
<b>2025</b>	583 439	588 401	589 958
<b>2026</b>	589 958	594 738	596 478
<b>2027</b>	596 478	601 133	602 997
<b>2028</b>	602 997	607 625	609 516
<b>2029</b>	609 516	614 269	616 036
<b>2030</b>	616 036	621 141	622 555

### 4. Namíbia

Quadro 4: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

<b>Namíbia</b>	<b>N<sub>i</sub></b>	<b>Central Bureau of Statistics</b>	<b>N<sub>s</sub></b>
<b>2020</b>	2 677 718	2 698 767	2 725 000
<b>2021</b>	2 725 000	2 754 039	2 772 282
<b>2022</b>	2 772 282	2 809 896	2 833 748
<b>2023</b>	2 833 748	2 865 264	2 895 215
<b>2024</b>	2 895 215	2 919 996	2 956 681
<b>2025</b>	2 956 681	2 973 881	3 018 148
<b>2026</b>	3 018 148	3 026 611	3 052 296
<b>2027</b>	3 052 296	3 078 058	3 101 078
<b>2028</b>	3 101 078	3 129 711	3 149 861
<b>2029</b>	3 149 861	3 181 374	3 198 644
<b>2030</b>	3 262 617	3 283 739	3 350 426

## 5. S. Tomé e Príncipe

Quadro 5: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

São Tomé e Príncipe	$N_i$	Projecção (INE)	$N_s$
2020	209 622	210 240	213 821
2021	213 821	214 610	218 021
2022	218 021	219 078	222 221
2023	222 221	223 648	226 420
2024	226 420	228 319	230 620
2025	230 620	233 030	234 820
2026	234 820	237 958	239 019
2027	239 019	242 917	243 219
2028	243 219	247 951	248 259
2029	248 259	253 043	253 298
2030	253 298	258 184	258 338

## Referências

- [1] MALTHUS, T. 1798. An Essay on the Principle of Population. Printed for J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard, London
- [2] VERHULST, P.F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Correspondances Mathematiques et Physiques, 10, 113-121.
- [3] Neyman, J. (1937), "Outline of a theory of statistical estimation based on the classical theory of probability", Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, Vol. 236, No. 767 (Aug. 30, 1937), pp. 333-380
- [4] Projecção da população 2014-2050, Instituto Nacional de Estatística, Angola, 2016.
- [5] Projecção da população 2007-2040, Instituto Nacional de Estatística, Moçambique, 2007.
- [6] Population Projections, Central Bureau of Statistics, Republic of Namibia, 2006.
- [7] Projecção da população 2007-2040, Instituto Nacional de Estatística, Moçambique, 2007
- [8] Projecções Demográficas de Cabo Verde, Instituto Nacional de Estatística, Cabo Verde, 2010.
- [9] Projecções Demográficas de São Tomé e Príncipe: RESUMO DE INDICADORES DEMOGRÁFICOS, 2012-2035
- [10] Population 2030, Demographic challenges and opportunities for sustainable development planning, United Nations, New York, 2015
- [11] Modelagem Matemática Rodney C. Bassanezi
- [12] GUIMARÃES, R. R. Uncertainty in population projections: the state of the art. Revista Brasileira de Estudos de População, São Paulo, v. 31, n. 2, 2014.
- [13] ALHO, J.; SPENCER, B. Statistical Demography and Forecasting. United States, Springer, 2005.