

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA  
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

**Município: São Francisco de Itabapoana - RJ**

**Estação Pluviométrica: São Francisco de Paula -  
Cacimbas,  
Código: 02141001**

**SALVADOR  
2016**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA  
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Salvador

Copyright © 2016 CPRM – Superintendência Regional de Salvador  
Avenida Ulysses Guimarães 2862 – Centro Administrativo da Bahia  
Salvador - BA - 41.213-000  
Telefone: 0(xx)(71) 2101-7300  
Fax: 0(xx)(71) 3371-4005  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: São Francisco de Itabapoana/RJ. Estação Pluviométrica: São Francisco de Paula - Cacimbas, Código 02141001. Osvalcílio Mercês Furtunato; Karine Pickbrenner; Eber José de Andrade Pinto. - Salvador, BA: CPRM, 2016.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - FURTUNATO, O. M.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

**Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e**  
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**MINISTRO DE ESTADO**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Márcio Pereira Zimmermann

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**Vice-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Conselheiros**

Ladice Peixoto

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Stênio Petrovich Pereira

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Roberto Ventura Santos

**Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

**Diretor de Administração e Finanças**

Eduardo Santa Helena

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SALVADOR**

*Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior*  
**Superintendente**

*Gustavo Carneiro da Silva*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Erison Soares Lima*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*José da Silva Amaral Santos*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Renato dos Santos Andrade*  
**Gerente de Administração e Finanças**

### **PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

#### **Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

#### **Departamento de Gestão Territorial**

Jorge Pimentel

#### **Divisão de Hidrologia Aplicada**

Adriana Dantas Medeiros

Achiles Monteiro (*In memorian*)

#### **Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico**

Eber José de Andrade Pinto

#### **Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade**

Sandra Fernandes da Silva

#### **Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico**

Andressa Macêdo Silva de Azambuja - Sureg/BE

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - Sureg/PA

#### **Equipe Executora**

Adriana Burin Weschenfelder - Sureg/PA

Albert Teixeira Cardoso – Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/ SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

**Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento - Sureg/BH

**Apoio Técnico**

Betania Rodrigues dos Santos - Sureg/GO

Celina Monteiro – Sureg/BE

Danielle Cutolo - Sureg/SP

Douglas Sanches Soller - Sureg/PA

Edna Alves Balthazar - Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

Priscila Nishihara Leo - Sureg/PA

## APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional.

Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se, a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF). Essas relações serão estabelecidas para os pontos da rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas.

Entretanto, em localidades nas quais existem somente pluviômetros, ou seja, não existem registros contínuos das precipitações, obtidos com pluviógrafos ou estações automáticas, as relações IDF serão estabelecidas a partir da desagregação das precipitações máximas diárias.

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

Na definição das relações IDF foram priorizados os municípios onde serão mapeadas, pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de São Francisco de Itabapoana/RJ. Na elaboração da IDF aplicou-se metodologia de desagregação, com registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica São Francisco de Paula – Cacimbas, código 02141001.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada para o município de São Francisco de Itabapoana/RJ.

O município de São Francisco de Itabapoana está localizado no Estado do Rio de Janeiro, na microrregião de Campos dos Goytacazes e mesorregião Norte Fluminense, distante cerca de 327 km da capital do Estado, fazendo fronteira com os municípios de Campos dos Goytacazes, São João da Barra, Mimoso do Sul (ES) e Presidente Kennedy (ES). O município de São Francisco de Itabapoana/RJ possui área de 1.122,146 km<sup>2</sup> (IBGE) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 4 metros. Segundo o IBGE, apresentava no ano de 2010 uma população de 41.354 habitantes.

A estação São Francisco de Paula – Cacimbas, código 02141001, está localizada na Latitude 21°28'58"S e Longitude 41°06'12"W. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro convencional. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação pluviométrica.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fontes: Wikipédia e Google, 2015)

## 2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação São Francisco de Paula – Cacimbas, código 02141001, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (outubro a setembro) apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Campos. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

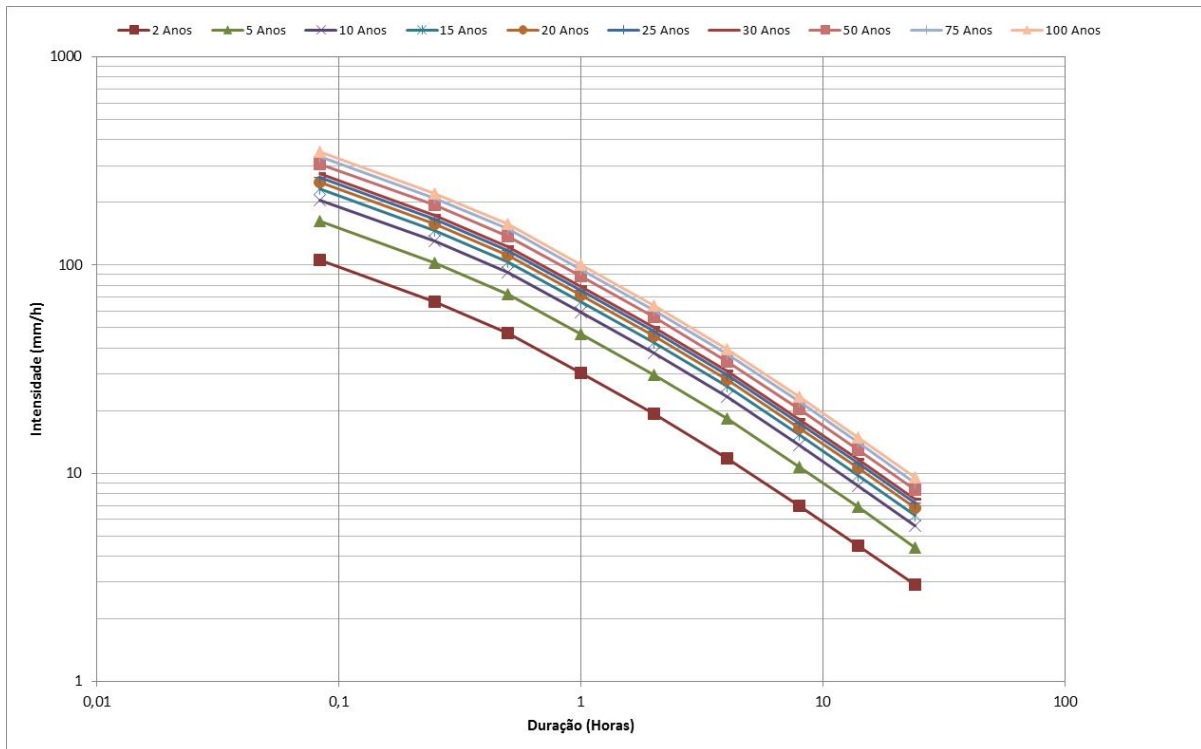


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \left\{ \left[ (a \ln(T) + b) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{\delta}{60}\right)\right) \right] + c \ln(T) + d \right\} / t \quad (01)$$

Onde:

$i$  é a intensidade da chuva (mm/h)

$T$  é o tempo de retorno (anos)

$t$  é a duração da precipitação (horas)

$a, b, c, d, \delta$  são parâmetros da equação

No caso de São Francisco de Itabapoana, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,8806 ; b = 6,7391 ; c = 17,5542 ; d = 17,2127 \text{ e } \delta = 5$$

$$i = \left\{ \left[ (6,8806 \ln(T) + 6,7391) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{5}{60}\right)\right) \right] + 17,5542 \ln(T) + 17,2127 \right\} / t \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 7,3614 ; b = 7,2478 ; c = 17,6840 ; d = 17,3704 \text{ e } \delta = 3,5$$

$$i = \left\{ \left[ (7,3614 \ln(T) + 7,2478) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{3,5}{60}\right)\right) \right] + 17,6840 \ln(T) + 17,3704 \right\} / t \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de até 100 anos. A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 02 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.



**Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h.**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	105,1	162,6	206,0	231,5	249,5	263,5	293,0	307,0	318,4	332,4	343,8	350,4
10 Minutos	80,6	124,6	158,0	177,5	191,3	202,0	224,6	235,4	244,1	254,9	263,6	268,7
15 Minutos	66,9	103,6	131,3	147,5	159,0	167,9	186,7	195,6	202,9	211,9	219,1	223,4
20 Minutos	57,9	89,6	113,6	127,6	137,6	145,3	161,5	169,3	175,6	183,3	189,6	193,2
30 Minutos	46,4	71,7	90,9	102,1	110,1	116,3	129,3	135,5	140,5	146,7	151,8	154,7
45 Minutos	36,4	56,3	71,4	80,2	86,4	91,3	101,5	106,3	110,3	115,1	119,1	121,4
1 HORA	30,3	46,9	59,4	66,8	72,0	76,0	84,5	88,6	91,9	95,9	99,2	101,1
2 HORAS	19,3	29,8	37,8	42,4	45,7	48,3	53,7	56,3	58,4	60,9	63,0	64,3
3 HORAS	14,5	22,4	28,4	31,9	34,4	36,3	40,4	42,3	43,9	45,8	47,4	48,3
4 HORAS	11,7	18,1	23,0	25,8	27,8	29,4	32,7	34,3	35,5	37,1	38,4	39,1
5 HORAS	9,9	15,4	19,5	21,9	23,6	24,9	27,7	29,0	30,1	31,4	32,5	33,1
6 HORAS	8,6	13,4	16,9	19,0	20,5	21,7	24,1	25,2	26,2	27,3	28,3	28,8
7 HORAS	7,7	11,9	15,1	16,9	18,2	19,3	21,4	22,4	23,3	24,3	25,1	25,6
8 HORAS	6,9	10,7	13,6	15,2	16,4	17,4	19,3	20,2	21,0	21,9	22,6	23,1
12 HORAS	5,0	7,8	9,9	11,1	11,9	12,6	14,0	14,7	15,2	15,9	16,5	16,8
14 HORAS	4,4	6,9	8,7	9,8	10,6	11,1	12,4	13,0	13,5	14,1	14,5	14,8
20 HORAS	3,3	5,2	6,5	7,3	7,9	8,4	9,3	9,7	10,1	10,5	10,9	11,1
24 HORAS	2,9	4,4	5,6	6,3	6,8	7,2	8,0	8,4	8,7	9,1	9,4	9,6

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	8,8	13,5	17,2	19,3	20,8	22,0	24,4	25,6	26,5	27,7	28,7	29,2
10 Minutos	13,4	20,8	26,3	29,6	31,9	33,7	37,4	39,2	40,7	42,5	43,9	44,8
15 Minutos	16,7	25,9	32,8	36,9	39,8	42,0	46,7	48,9	50,7	53,0	54,8	55,8
20 Minutos	19,3	29,9	37,9	42,5	45,9	48,4	53,8	56,4	58,5	61,1	63,2	64,4
30 Minutos	23,2	35,9	45,5	51,1	55,1	58,1	64,7	67,7	70,3	73,4	75,9	77,3
45 Minutos	27,3	42,2	53,5	60,1	64,8	68,5	76,1	79,7	82,7	86,4	89,3	91,0
1 HORA	30,3	46,9	59,4	66,8	72,0	76,0	84,5	88,6	91,9	95,9	99,2	101,1
2 HORAS	38,5	59,6	75,6	84,9	91,5	96,6	107,4	112,6	116,8	121,9	126,1	128,5
3 HORAS	43,4	67,2	85,1	95,6	103,1	108,9	121,1	126,8	131,6	137,4	142,1	144,8
4 HORAS	46,9	72,6	92,0	103,3	111,4	117,6	130,8	137,0	142,1	148,4	153,5	156,4
5 HORAS	49,6	76,8	97,3	109,3	117,8	124,5	138,4	145,0	150,4	157,0	162,4	165,5
6 HORAS	51,9	80,2	101,7	114,2	123,1	130,0	144,6	151,5	157,1	164,0	169,7	172,9
7 HORAS	53,8	83,1	105,4	118,4	127,6	134,8	149,8	157,0	162,8	170,0	175,8	179,2
8 HORAS	55,4	85,7	108,6	122,0	131,5	138,9	154,4	161,8	167,8	175,2	181,2	184,7
12 HORAS	60,4	93,4	118,3	132,9	143,3	151,3	168,3	176,3	182,9	190,9	197,5	201,3
14 HORAS	62,3	96,3	122,0	137,1	147,8	156,1	173,5	181,8	188,6	196,9	203,7	207,6
20 HORAS	66,7	103,1	130,7	146,8	158,2	167,1	185,8	194,6	201,9	210,8	218,0	222,2
24 HORAS	68,9	106,6	135,1	151,7	163,5	172,7	192,0	201,2	208,7	217,9	225,3	229,7

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em São Francisco de Itabapoana, foi registrada uma Chuva de 47 mm com duração de 12 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \exp \left[ \frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 47 mm dividido por 0,20 h é igual a 235 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[ \frac{235 \times 0,20 - 6,7391 \ln(0,20 + (5/60)) - 17,2127}{6,8806 \ln(0,20 + (5/60)) + 17,5542} \right] = 74,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 74,7 anos corresponde a uma probabilidade de 1,34% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 235 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{74,7} 100 = 1,34\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em dezembro de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330475&search=rio-de-janeiro|sao-francisco-de-itabapoana> Acesso em dezembro de 2015.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.

WIKIPEDIA, 2014. Ficheiro – Rio de Janeiro - Município de São Francisco de Itabapoana. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/São\\_Francisco\\_de\\_Itabapoana](http://pt.wikipedia.org/wiki/São_Francisco_de_Itabapoana). Acesso em: dezembro de 2015.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)

Máximo por Ano Hidrológico (01/Out a 30/Set)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1971	1972	24/01/1972	53,6	1994	1995	20/11/1994	64,6
1972	1973	05/12/1972	86,6	1995	1996	29/11/1995	54,4
1973	1974	20/10/1973	60,4	1996	1997	20/11/1996	63,0
1974	1975	22/01/1975	82,2	1997	1998	26/03/1998	78,0
1975	1976	11/10/1975	63,8	1998	1999	02/10/1998	42,0
1976	1977	02/04/1977	154,4	1999	2000	22/10/1999	105,2
1977	1978	18/03/1978	42,4	2000	2001	06/05/2001	50,7
1978	1979	23/01/1979	86,4	2001	2002	17/12/2001	34,2
1979	1980	24/11/1979	47,0	2002	2003	06/01/2003	70,2
1980	1981	25/11/1980	53,4	2003	2004	16/01/2004	32,7
1981	1982	17/11/1981	90,4	2004	2005	24/09/2005	92,8
1982	1983	14/03/1983	62,0	2005	2006	08/11/2005	94,1
1983	1984	17/09/1984	38,4	2006	2007	21/05/2007	116,9
1984	1985	22/11/1984	110,8	2007	2008	26/10/2007	40,2
1985	1986	06/12/1985	58,4	2007	2008	15/12/2007	40,2
1986	1987	20/01/1987	92,6	2008	2009	19/12/2008	225,8
1987	1988	23/02/1988	111,8	2009	2010	30/10/2009	79,5
1988	1989	15/01/1989	52,4	2010	2011	27/10/2010	52,0
1989	1990	21/12/1989	48,4	2010	2011	03/11/2010	52,0
1990	1991	23/03/1991	101,4	2011	2012	29/01/2012	57,8
1991	1992	24/05/1992	20,4	2012	2013	18/01/2013	64,5
1992	1993	03/04/1993	59,2	2013	2014	11/12/2013	71,5
1993	1994	02/04/1994	106,0	2014	2015	26/11/2014	37,5

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Campos/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,91	0,81	0,69	0,56	0,44

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,78	0,55	0,29