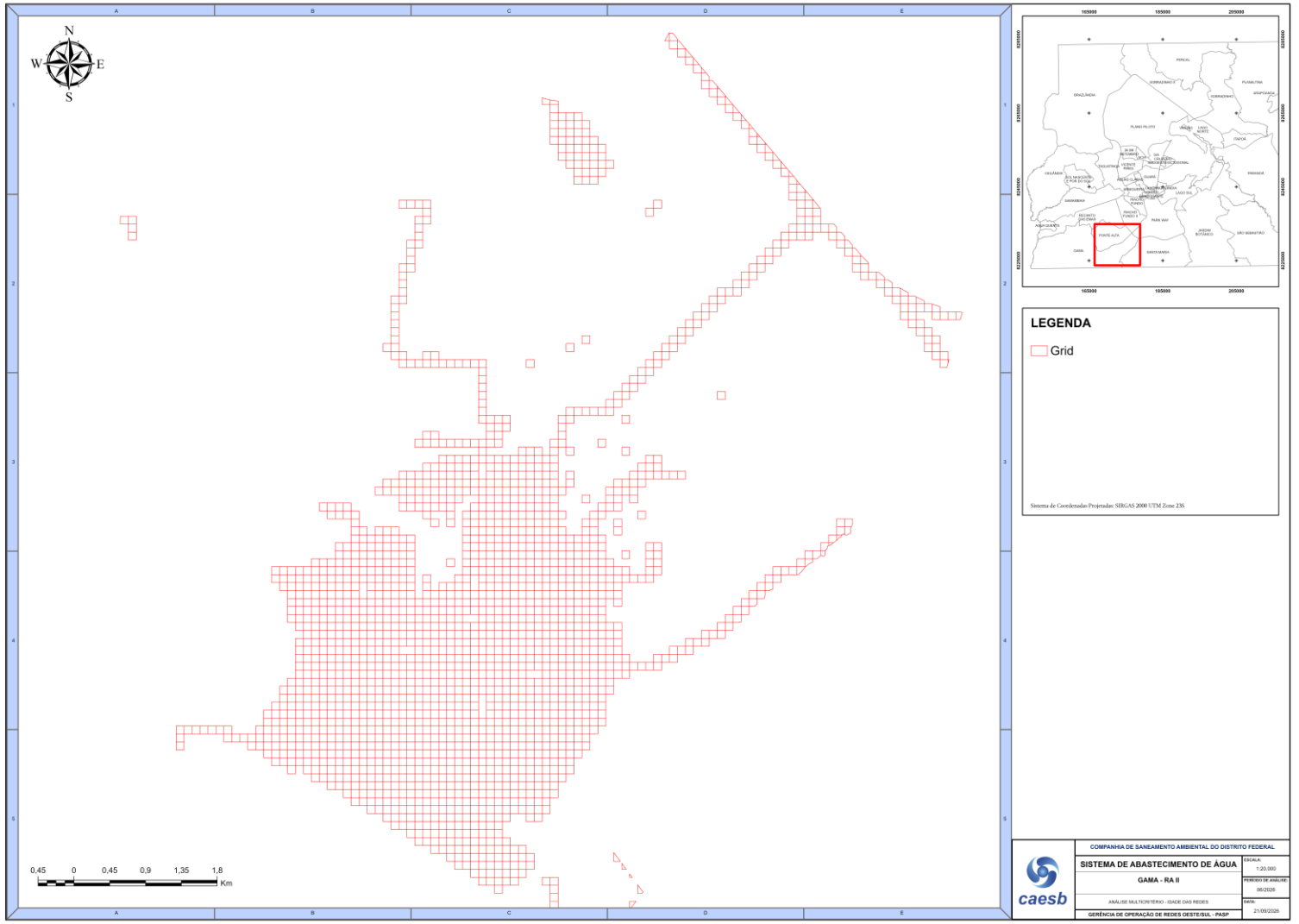
Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07477 – UTILIZAÇÃO DE PYTHON E GEOPROCESSAMENTO EM REALIZAÇÃO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA OBTENÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS DE INTERVENÇÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL

Autor Principal: Felipe Albuquerque Carvalho
Demais Autores: Bruno Araújo Albuquerque; Diogo Correia Marques dos Santos; Bruno Cabral Neves; Iuri Cesar de Oliveira Campos
Instituições: CAESB e Dan Hebert

Criação de Grids



Critérios e Pesos Utilizados

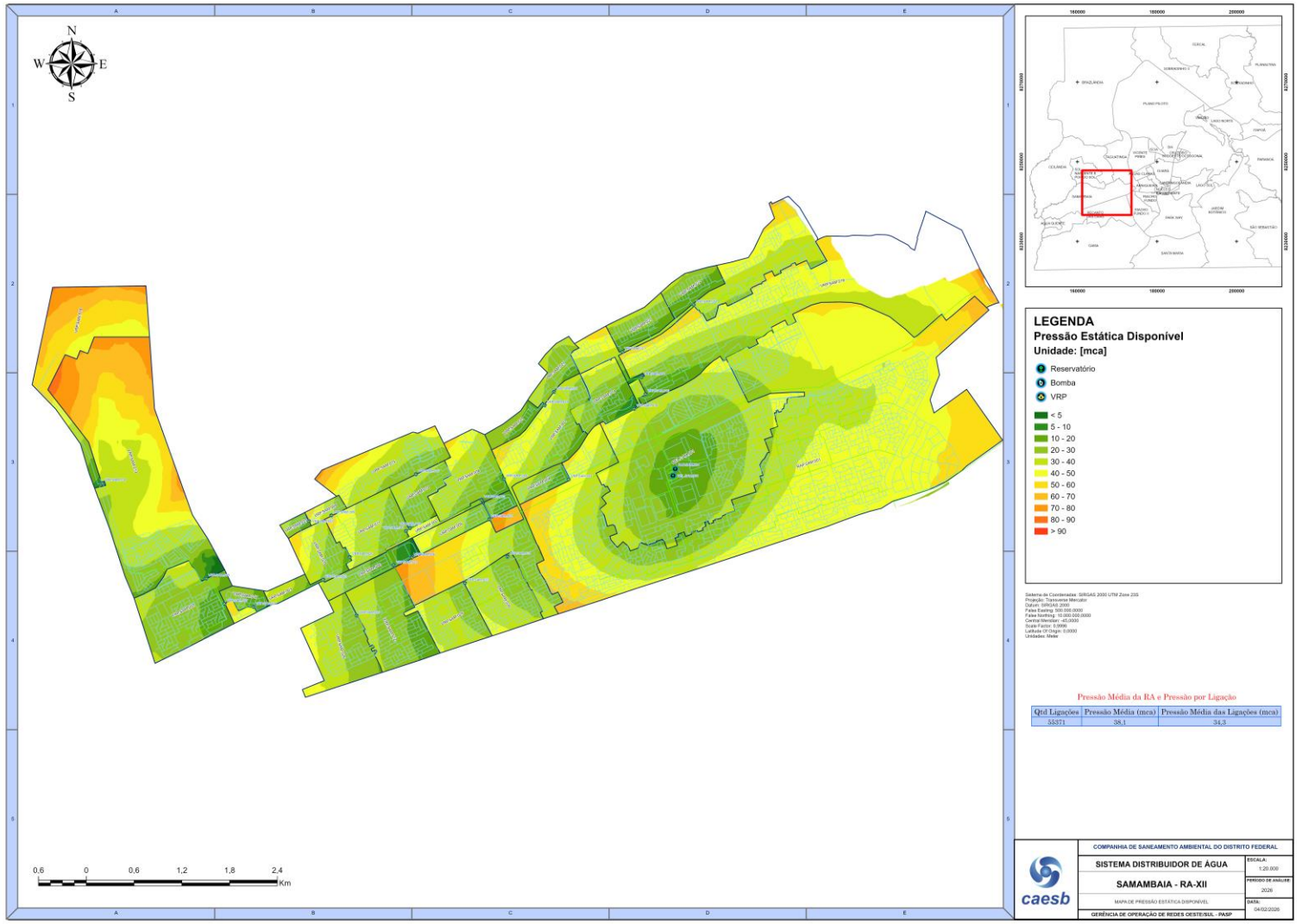
Critério	Peso (%)
Pressão Estática Disponível	20
Diâmetro da Rede	20
Idade da Rede	15
Material da Rede	10
Volume Micromedido	15
Quantidade de Ordens de Serviço de Conserto de Ramais	15
Quantidade de Conexões e Válvulas de Manobra	5

Obs.: Os pesos foram definidos qualitativamente com base na experiência operacional da equipe, buscando equilíbrio entre os critérios. Entretanto, a metodologia é flexível e permite recalibrar os pesos conforme o objetivo específico da análise.

Critérios e Pesos Utilizados

Pressão (mca)	Nota
< 15	1
15 a 25	2
25 a 35	3
35 a 45	4
> 45	5

Pressão


N
W
E
S
0,6 0 0,6 1,2 1,8 2,4 Km
LEGENDA
Pressão Estática Disponível
Unidade: [mca]
Reservatório
Bomba
VRP
< 5
5 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90
> 90
Pressão Média da RA e Pressão por Ligação
Qtd Ligações | Pressão Média (mca) | Pressão Média das Ligações (mca)
55371 | 38,1 | 34,3
COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL
SISTEMA DISTRIBUIDOR DE ÁGUA
SAMAMBAIA - RA-XII
MAPA DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL
GERÊNCIA DE OPERAÇÃO DE REDES OESTE/SUL - PASP
ESCALA: 1:20.000
PERÍODO DE ANÁLISE: 2026
DATA: 04/02/2026
caesb

Parâmetros Relacionados à Rede

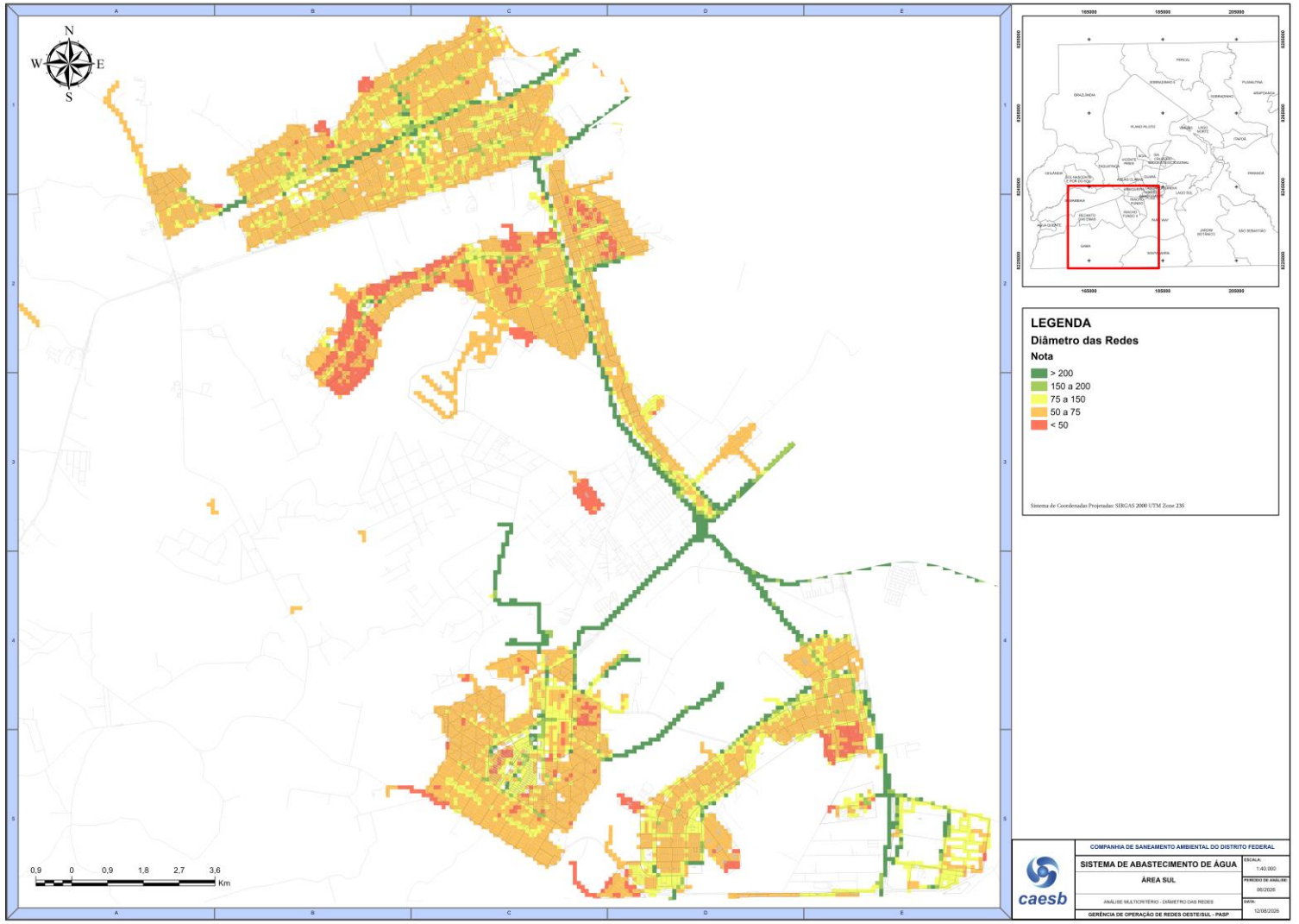
Diâmetro (Φ)	Nota	Idade (anos)	Nota	Material	Nota
≤ 50	5	≤ 20	1	Aço	1
50 a 75	4	20 a 30	2	PEAD	2
75 a 150	3	30 a 40	3	PVC	3
150 a 200	2	40 a 50	4	Ferro	4
≥ 200	1	≥50	5	Cimento Amianto	5

Obs.: Foi calculada a média ponderada das notas pelo comprimento dos trechos contidos em cada grid.

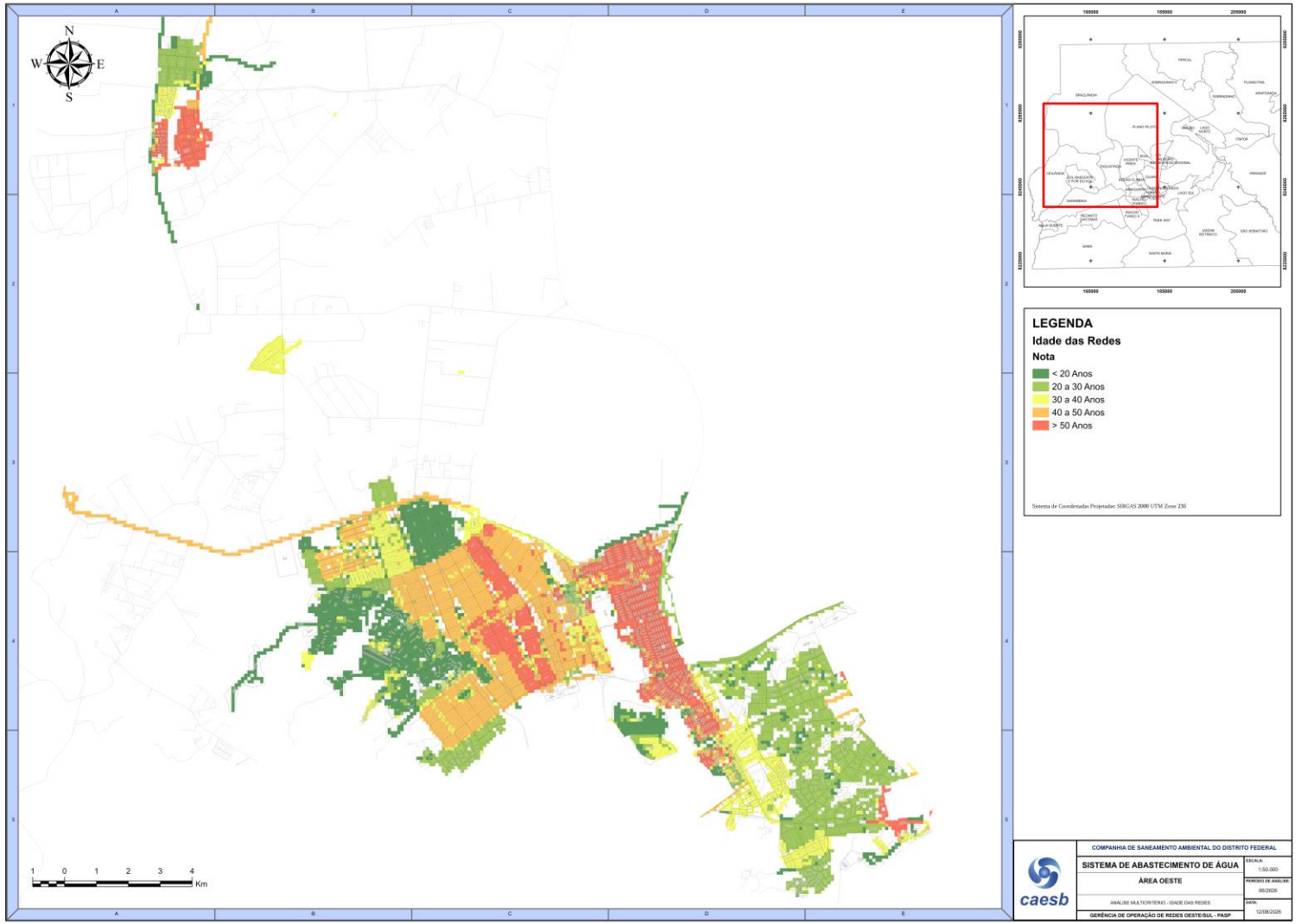
$$C_g = \frac{\sum_{i=1}^{n}(C_i * L_i)}{\sum_{i=1}^{n} L_i} \quad \text{(equação 1)}$$

- Cg = Valor final do critério
- Ci = Nota atribuída ao segmento i
- Li = Comprimento do segmento i dentro do grid
- n = Número de segmentos presentes no grid

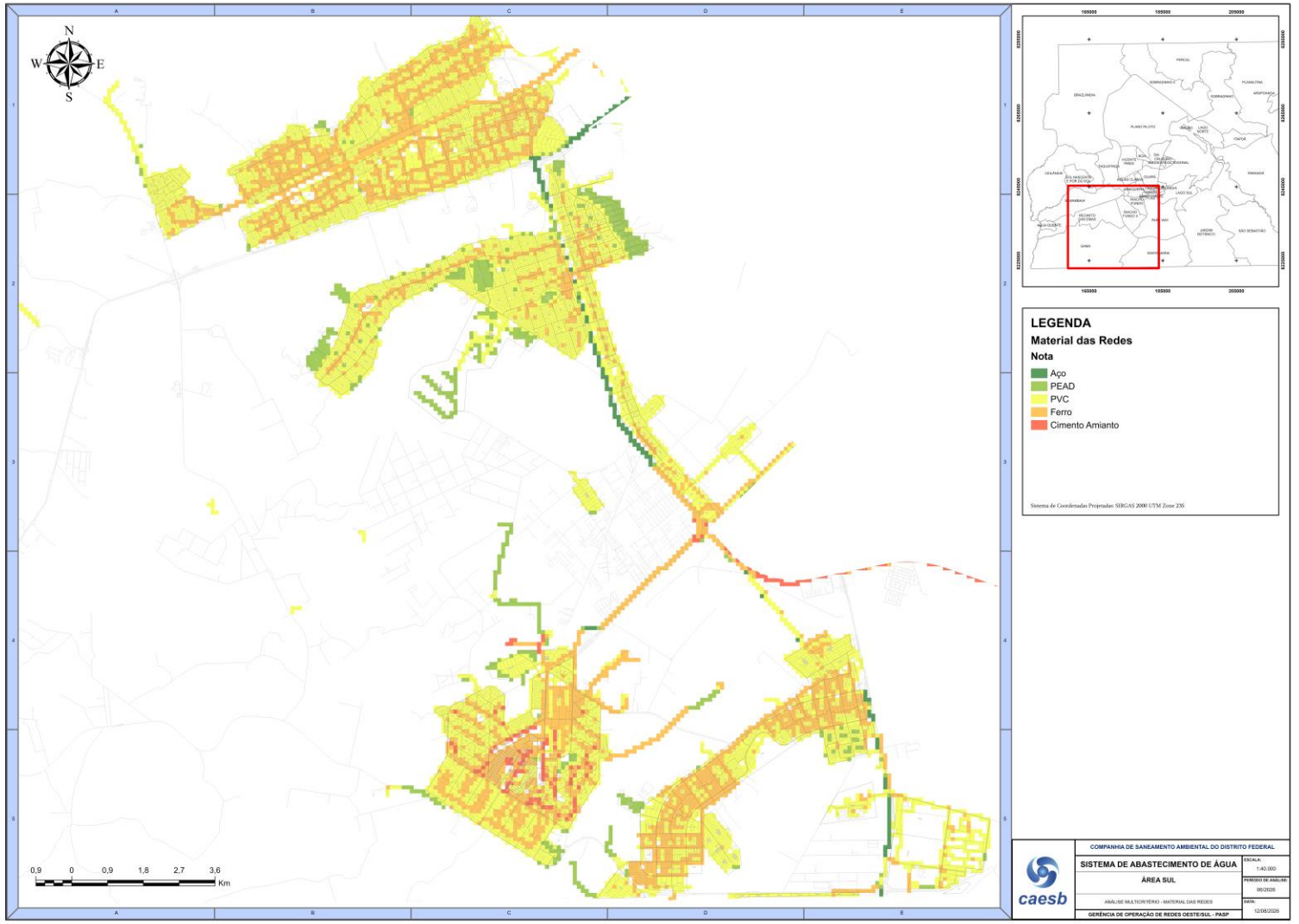
Diâmetro


N
W
E
S
0,9 0 0,9 1,8 2,7 3,6
Km
LEGENDA
Diâmetro das Redes
Nota
> 200
150 a 200
75 a 150
50 a 75
< 50
Sistema de Coordenadas Projetadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
ÁREA SUL
caesb

Idade


N
W
E
S
1 0 1 2 3 4
Km
LEGENDA
Idade das Redes
Nota
< 20 Anos
20 a 30 Anos
30 a 40 Anos
40 a 50 Anos
> 50 Anos
Sistema de Coordenadas Projetadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
ÁREA OESTE
ESCALA:
1:50.000
caesb
GERÊNCIA DE OPERAÇÃO DE REDES OESTE/SUL - PASP

Material


N
W
E
S
0,9 0 0,9 1,8 2,7 3,6
Km
LEGENDA
Material das Redes
Nota
Aço
PEAD
PVC
Ferro
Cimento Amianto
Sistema de Coordenadas Projetadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
ÁREA SUL
ANÁLISE MULTICRITÉRIO - MATERIAL DAS REDES
GERÊNCIA DE OPERAÇÃO DE REDES OESTE/SUL - PASP
caesb

Micromedido, OS de Ramal e Componentes

Micromedido (L/s)	Nota	Qtd OS de Ramal	Nota	Qtd de Componentes	Nota
≤ 0,10	1	1	1	1	1
0,10 a 0,21	2	1 a 3	2	1 a 8	2
0,21 a 0,46	3	3 a 6	3	8 a 18	3
0,46 a 1,01	4	6 a 11	4	31 a 45	4
≥ 2,00	5	11 a 31	5	45 a 115	5

Quebras Naturais (Jenks)

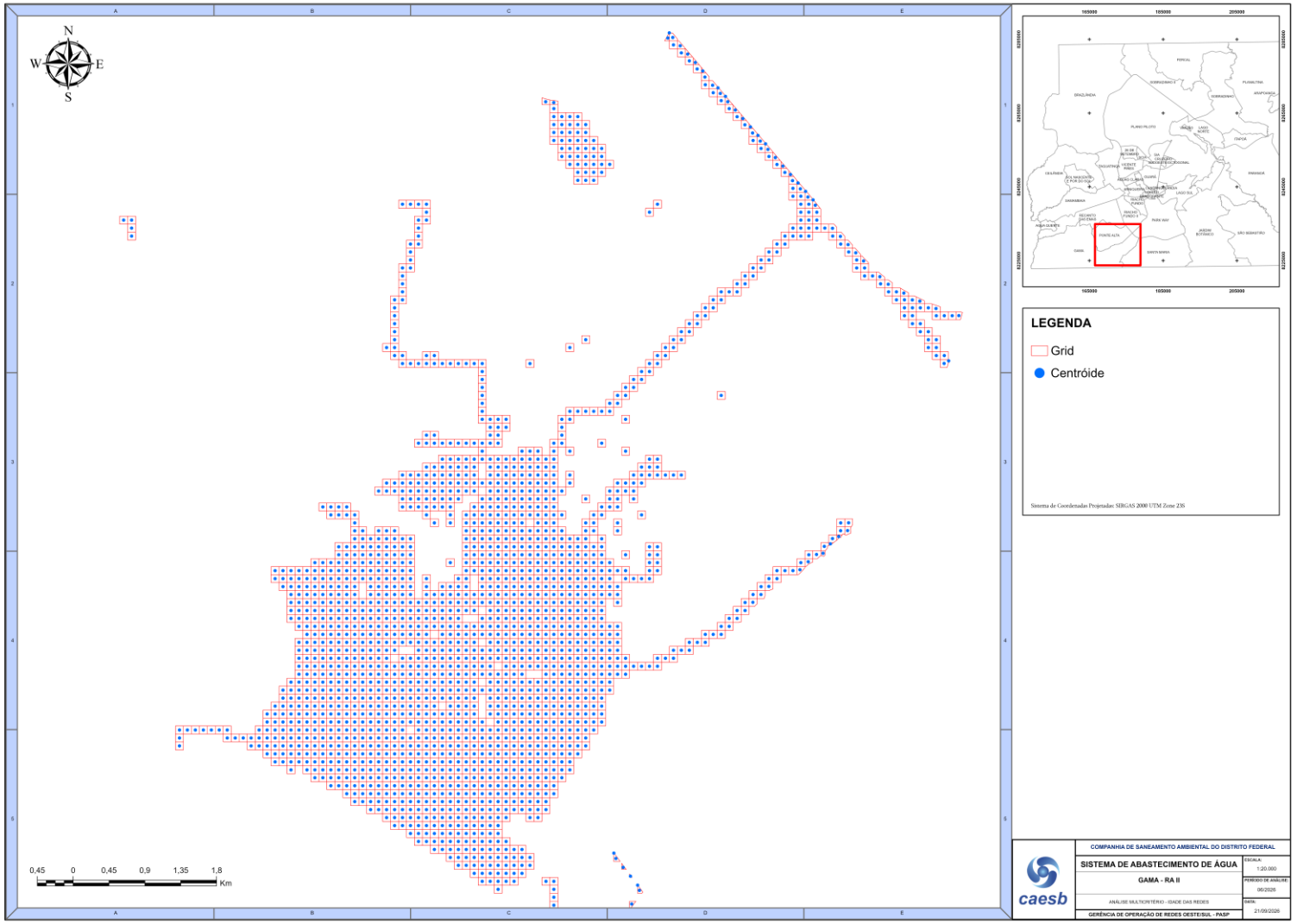
Critério	Goodness of Variance Fit (GVF)
Micromedido (L/s)	0,9213
Qtd OS de Ramal	0,9348
Qtd de Componentes	0,9544

Obs.: Foi calculado o GVF para verificar a qualidade da distribuição dos dados em 5 classes.
GVF acima de 0,90 indica um ótimo ajuste estatístico.

$$GVF = \frac{SDAM - SDCM}{SDAM} \quad \text{(equação 2)}$$

- GVF = Goodness of Variance Fit
- SDAM = Sum of Squared Deviations from the Array Mean (soma dos desvios quadráticos em relação à média global dos dados)
- SDCM = Sum of Squared Deviations from the Class Means (soma dos desvios quadráticos em relação à média de cada classe)

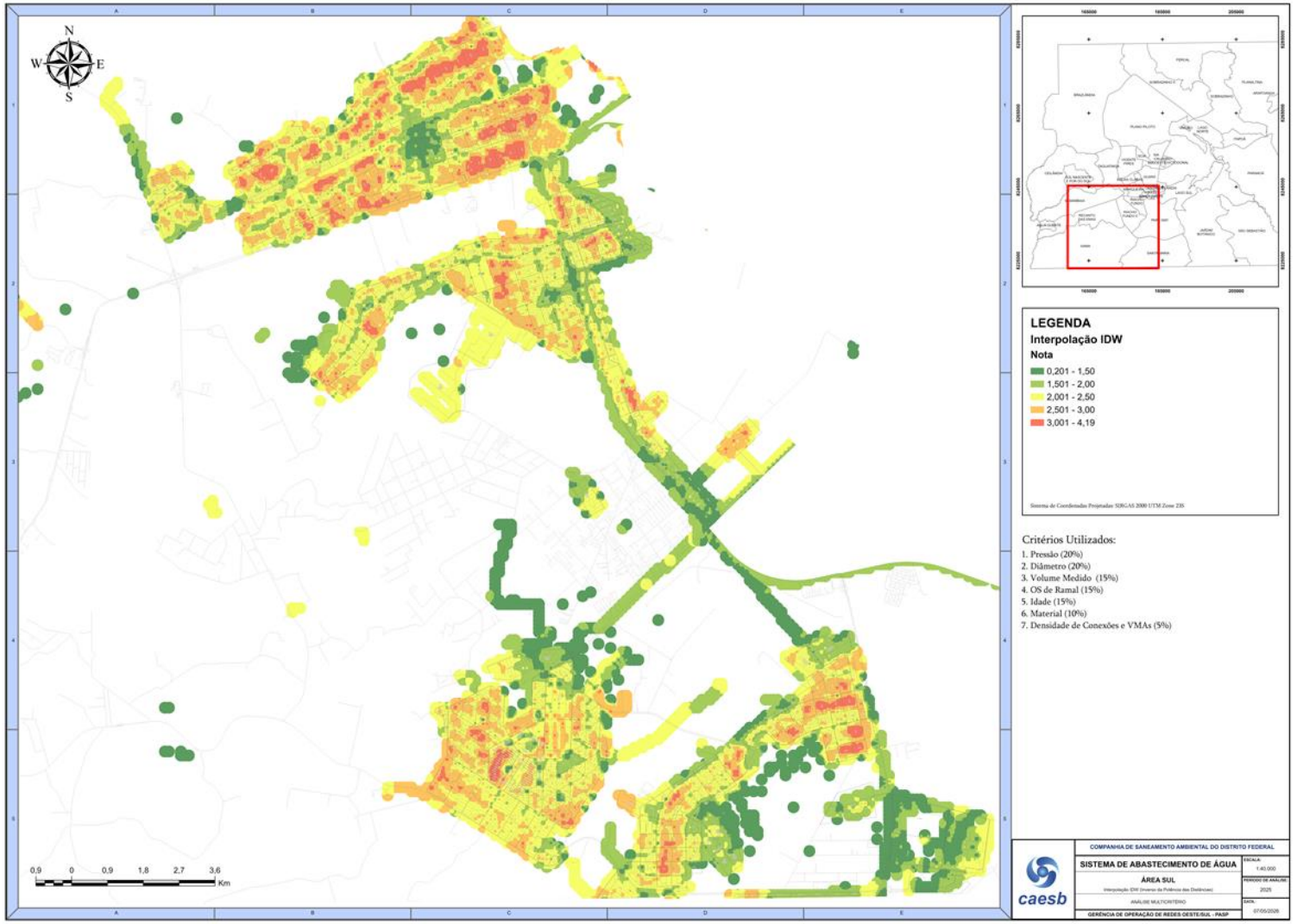
Notas Finais e Centroides dos Grids



$$I_g = \sum_{j=1}^{m} (N_j * P_j) \text{ (equação 3)}$$

- Ig = índice Final do Grid
- Nj = Nota Atribuída ao Critério
- Pj = Peso Atribuído ao Critério
- m = Número de Critérios

IDW – Área Sul



$$\mathbf{Z(x_0)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mathbf{w_i Z(x_i)}}{\sum_{i=1}^{n} \mathbf{w_i}} \quad \text{(equação 4)}$$

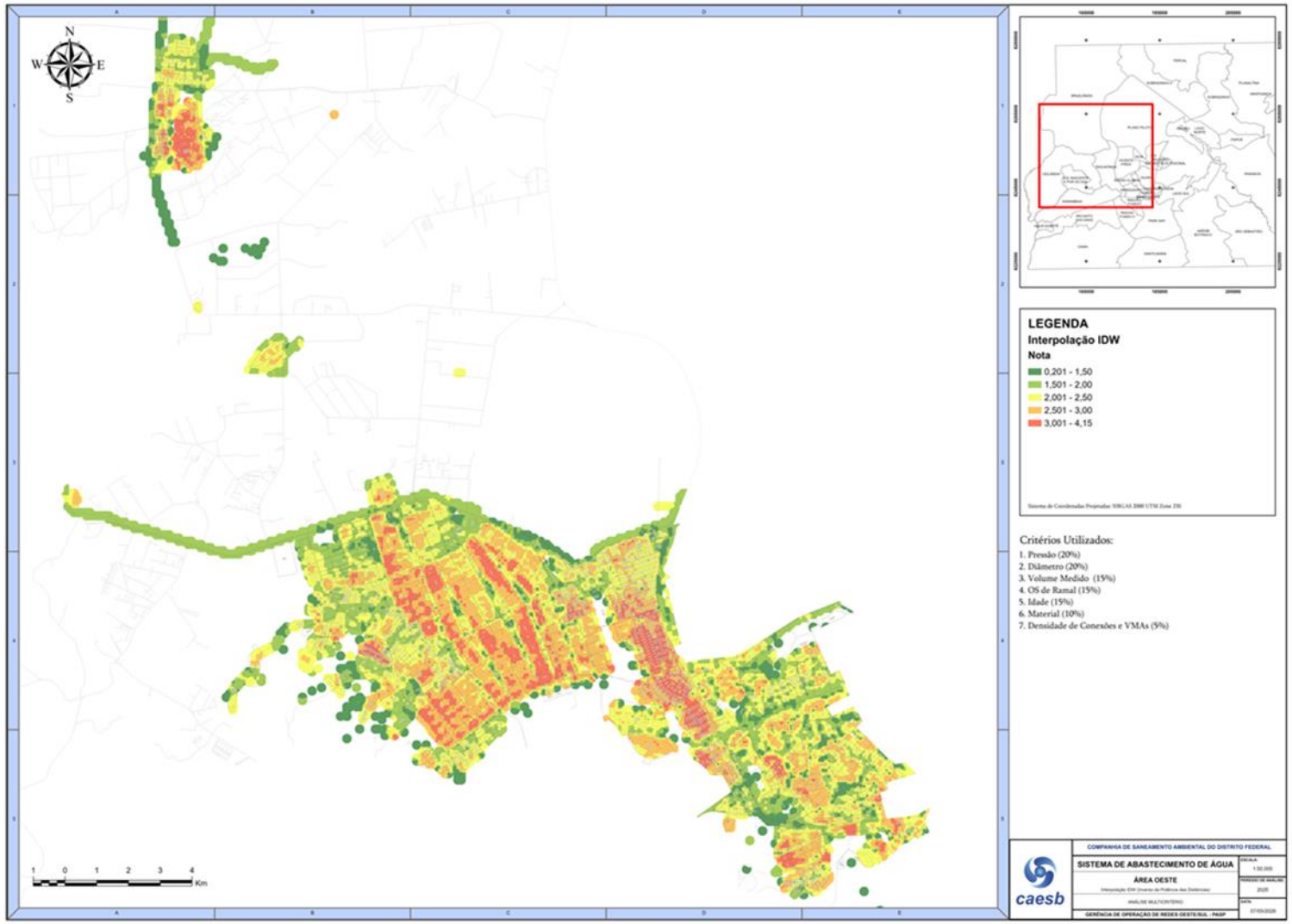
$$\mathbf{w_i} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{d_i^p}} \quad \text{(equação 5)}$$

- Z (Xo) = Valor final interpolado
- Z (Xi) = Valor observado no ponto i
- wi = Peso associado ao ponto i
- n = Número de pontos utilizados na interpolação
- di = Distância entre o ponto interpolado e o ponto amostrado
- p = Parâmetro de potência do IDW

Parâmetros usados no IDW

- Potência = 2
- Distância Máxima = 150 metros
- Raio de Busca (pontos) = 12
- Resolução Espacial de Saída: 5 metros

IDW – Área Oeste



$$Z(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i Z(x_i)}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad \text{(equação 4)}$$

$$w_i = \frac{1}{d_i^p} \quad \text{(equação 5)}$$

- Z (Xo) = Valor final interpolado
- Z (Xi) = Valor observado no ponto i
- wi = Peso associado ao ponto i
- n = Número de pontos utilizados na interpolação
- di = Distância entre o ponto interpolado e o ponto amostrado
- p = Parâmetro de potência do IDW

Parâmetros usados no IDW

- Potência = 2
- Distância Máxima = 150 metros
- Raio de Busca (pontos) = 12
- Resolução Espacial de Saída: 5 metros

Utilidade da Análise Multi Critério

- **Serve para:**
  - Definir regiões que merecem maior atenção
  - Integrar informações operacionais, cadastrais e hidráulicas em uma análise espacial
- **Não serve para dizer:**
  - Troque esta rede
  - Instale uma VRP
  - Faça uma pesquisa de vazamento nesta quadra

- *A MCDA não define qual intervenção deve ser realizada.*
- *Ela indica áreas que merecem investigação complementar por meio da integração de diferentes parâmetros do sistema em uma única representação espacial.*

Obrigado!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Felipe Albuquerque Carvalho
felipe.a.carvalho97@gmail.com
+ 55 (61) 99993-5599

Coautores

Bruno Araújo Albuquerque
1brunoalbuquerque@gmail.com

Diogo Correia Marques dos Santos
dcms359@hotmail.com

Bruno Cabral Neves
cabralbruno0@gmail.com

Iuri Cesar de Oliveira Campos
iuricampos@caesb.df.gov.br