

A Utilização de CAD Associado a Banco de Dados na Resolução de Problemas de Engenharia. Um Exemplo de Aplicabilidade: A Localização de Indústrias em Sítios Geográficos

Fernando Rodrigues Lima

Escola de Engenharia, UFRJ

Centro de Tecnologia, Bloco D, Sala D-106, Ilha da Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ

CEP 21945 - 970, Tel: (021) 280 - 9493

Palavras-chave: C.A.D., Localização de indústrias, Metodologia de projeto, Modelagem icônica.

RESUMO

Este artigo descreve nossa experiência na elaboração de uma ferramenta gráfica informatizada voltada para o estudo de problemas georeferenciados. Para torná-la acessível à maior parte dos profissionais de ensino e projeto, empregamos recursos já difundidos nos meios acadêmicos e técnicos: os sistemas C.A.D. e os Bancos de Dados para plataformas PC-AT. Isto garante um baixo custo de aquisição de hardware e software, uma arquitetura aberta para o usuário personalizar a parte operacional e uma maior facilidade de implementação. O monitoramento gráfico dos dados do problema estudado e suas possíveis soluções é garantido por uma modelagem icônica que desenvolvemos em C.A.D., dotada de amplos recursos de edição. As alterações e configurações no modelo podem ser controladas através da consulta criteriosa (S.Q.L.) ao conteúdo dos Bancos de Dados. Para solucionar o problema de localização industrial, representamos em arquivos gráficos vetorizados (DWG) os elementos de geografia e as zonas elementares (regiões a analisar) do território, e armazenamos em arquivos de dados relacionais (DBF) as legendas cartográficas e os parâmetros quantitativos de oferta dos fatores locacionais. Aplicamos então o modelo matemático do prof. Cosenza para cotejar estes dados de oferta com os de outra base contendo a demanda verificada em algumas tipologias industriais. Obtemos assim, para cada zona elementar, novos campos de informação contendo indicações de seu potencial de assentamento industrial por tipologia. A modelagem gráfica elaborada permite então visualizar tais resultados através de ícones tridimensionais, sobrepostos aos dados cartográficos.

Introdução

Nosso trabalho surgiu da necessidade de uma representação cartográfica informatizada para os problemas de engenharia georeferenciados, que operasse em sistemas de computação pessoais, e que permitisse registrar e analisar facilmente as constantes alterações nas situações verificadas em campo, dentro de padrões gráficos para uma boa documentação técnica.

O surgimento de softwares comerciais de C.A.D. (AutoCAD R12) que permitiam a associação *-links-* de elementos de um desenho a registros num Banco de Dados (DBase III+) nos motivou a pesquisar uma maneira de reproduzir no computador, de forma simples e rápida, mapas, aerofotogramas e levantamentos de satélites. Uma vez vencida esta etapa, restava planejar a estrutura dos bancos de dados e seus "*links*" com o desenho, tornando-os adequados à interpretação e à solução de um problema de localização industrial.

Por outro lado, suspeitávamos que o modelo Cosenza, que opera com álgebra matricial, poderia ser implementado também através de um artifício que empregasse comparação de conteúdos de campos (*strings*) em Bancos de Dados, ao invés de Planilhas de Cálculo, e ainda assim oferecesse maior velocidade de processamento e facilidade de edição.

O algoritmo de Cosenza, ao partir de uma matriz de *zonas elementares x fatores de localização*, contendo os níveis de oferta e cotejá-la com outra de *fatores de localização x tipologias industriais*, contendo o perfil de demanda, nos fornece como resultado uma matriz de *zonas elementares x tipologias industriais*, contendo os indicadores de localização.

Esta estrutura matricial nos levou a compor três bancos de dados (ver *anexo I*): um primeiro com cada registro equivalendo a uma zona elementar, que armazena o **perfil de oferta** (parte dos campos destinados aos fatores de localização) e o **resultado dos indicadores de localização industrial** (parte dos campos destinados às tipologias industriais); um segundo com cada registro equivalendo a uma tipologia, que armazena o **perfil da demanda** (campos destinados aos fatores de localização), e um terceiro contendo os valores numéricos adotados para o **cotejo entre oferta e demanda**.

Os resultados podem, então, através de consulta aos valores que expressam as possibilidades de localização, ser empregados na elaboração de **representações icônicas tridimensionais**, sobrepostas ao mapa com elementos geográficos e suas legendas.

Objetivos

O principal objetivo é fornecer uma alternativa válida e eficiente para o emprego dos GIS (Sistemas Georeferenciados de Informação), geralmente pacotes fechados de alto custo, implantação complexa e emprego específico. A premissa é que a ferramenta opere em um sistema aberto, com resultados precisos e flexibilidade de edição, podendo ser facilmente utilizada nos pequenos e médios escritórios de projeto e nas instituições de ensino e pesquisa, pois deverá valer-se de uma cultura de informática já difundida. Restaria ao operador ser orientado no sentido de desenvolver algumas habilidades investigativas, uma vez que a operação de C.A.D. e Banco de Dados em ambiente PC já integra currículos técnicos e acadêmicos.

A capacidade de armazenamento em me-

mória, a velocidade de processamento e a regeneração de imagem na tela são os parâmetros técnicos de *software* a serem equacionados, de modo a garantir que porções razoáveis de uma região possam ser modeladas e analisadas sem comprometer a qualidade dos dados e resultados, e sem implicar em rotinas exaustivas que desmotivem ou desgastem o operador.

Neste ponto, é interessante que a ferramenta propicie facilidade de comunicação com outros sistemas (intercâmbio de dados) e permita que um território, uma vez geograficamente representado no computador, possa ser utilizado indefinidamente em outras análises (reciclagem de dados).

Metodologia

A metodologia adotada se baseou na **resolução de problemas de localização industrial por métodos analíticos**, desenvolvidos nos trabalhos coordenados pelo Prof. Cosenza, e em **técnicas informatizadas de modelagem gráfica tridimensional em C.A.D.**, estas objetos de pesquisas acadêmicas e da experiência profissional do autor.

Seu desenvolvimento abrange várias etapas, que vão desde a confecção da ferramenta que origina uma **base cartográfica informatizada** até os procedimentos de documentação para visualização de resultados em um **modelo icônico**. Nos itens seguintes apresentamos tal metodologia, aplicada a um estudo das possibilidades de localização de diversas tipologias industriais em parte de um município metropolitano.

Elaboração da representação do sítio geográfico em sistemas CAD

a - Seleção de dados cartográficos e de

levantamentos de satélite (mapas e fotos em escalas entre 1:50.000 e 1:100.000).

b - Desmembramento das informações em módulos gráficos (formato A4), seguida de digitalização dos mesmos em "*scanner*" de mesa (empregamos *software* de edição de imagem "*raster*").

c - Montagem dos módulos gráficos no ambiente C.A.D. (conversão dos arquivos "*raster*" em arquivos "*vetorizados*" de "*pixels*" (pontos de imagem)).

d - Transformação de conjuntos de "*pixels*" (pontos de imagem) em geometrias vetorizadas (linhas, arcos, círculos, hachuras, etc.) representativas da geografia, já organizadas em camadas de desenho.

e - Definição de atributos de imagem (cor, tipo de linha, espessura, etc.) para as geometrias traçadas.

Associação da representação gráfica da região estudada a um banco de dados com informações geográficas

a - Estruturação do banco de dados que conterà as legendas de geografia (hidrografia, relevo, uso do solo, sistema viário, etc.).

b - Preenchimento dos registros com informações pertinentes (nome, categoria, extensão, altitude, etc.)

c - Execução dos "*links*" entre elementos da representação geográfica e os registros com suas legendas.

Definição do tipo de consulta a ser implantado

a - Estudo do caso: quais os "inputs" dos

quais se dispõe (perfis de oferta e demanda), quais os “outputs” desejados (indicadores de localização).

b - Definição de um algoritmo para sua solução (o modelo COSENZA).

c - Elaboração de uma representação icônica para os dados de entrada e saída (zonas elementares expressas por prismas coloridos e de cota variável, identificados pelas coordenadas geográficas em quilômetros).

d - Pesquisa de sub-rotinas que gerem soluções a partir dos dados gráficos e quantitativos (para cada zona elementar modelada no desenho, cotejo entre oferta e demanda através do banco de dados).

Implementação de uma rotina de análise através da modelagem icônica

a - Criação do banco de dados com parâmetros da análise (zonas elementares, fatores de localização, tipologias industriais).

b - Execução dos “links” entre entidades gráficas do modelo icônico e os registros do banco de dados empregados na análise.

c - Programação de sub-rotinas para automatização dos procedimentos de análise (cotejo oferta x demanda em CLIPPER).

Procedimento de uma rotina de análise

a - Edição dos dados gráficos e quantitativos (mapeamento da oferta dos fatores de localização em cada zona elementar, e definição de perfis de demanda).

b - Execução das sub-rotinas (operação via macro).

c - Visualização dos resultados através de um modelo icônico (configuração dos prismas - cor e cota- de acordo com a possibilidade de assentamento industrial) .

Obtenção de alternativas

a - Interpretação iterativa da modelagem icônica (edição e visualização tridimensional do modelo icônico, consulta aos bancos de dados das legendas geográficas e das possibilidades de localização feita através do próprio desenho).

b - Documentação através de relatórios e impressões gráficas (obtenção de registros técnicos sob forma de tabelas, mapas e perspectivas, em escalas, cores e graus de detalhamento variados).

Resultados

Apresentamos em seguida, para cada etapa da metodologia, os resultados obtidos em um estudo de localização industrial para uma área metropolitana: a AP-5, localizada na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro. Para avaliar a aplicabilidade de nossa proposta, dimensionamos o problema com 395 zonas elementares de 1 km² cada, 4 tipologias industriais, e 8 fatores de localização com 4 níveis de oferta e 4 níveis de demanda. Processamos os dados em equipamento AT-486 / DX-2 VESA, 8 Mb de memória RAM, 50 Mhz, monitor 14" colorido e placa de vídeo SVGA 1 Mb configurada para 800 x 600 pontos e 256 cores.

A elaboração da base cartográfica em C.A.D. originou um arquivo com menos de 200 Kb, contendo para todo o município do Rio a orla marítima e baías, limites administrativos de município, região administrativa e

bairro, hidrografia completa, sistemas viários principais, cota 100 metros do relevo; e para a Zona Oeste sendo acrescentadas as indicações do uso de solo e principais pontos das redes de água, energia e esgoto. O tempo de preparo e rastreamento dos mapas foi de cerca de 18 horas, e a execução da vetorização e a organização gráfica consumiram outras 26 horas, tempo que acreditamos possa ser reduzido a mais de metade em função dos ajustes adotados e das técnicas que desenvolvemos no decorrer desta aplicação. O resultado obtido nesta etapa e sua qualidade gráfica podem ser apreciados no *anexo 2*.

A associação do desenho a um arquivo de dados contendo legendas de geografia é bastante rápida, consumindo menos de 4 horas na pesquisa das legendas, digitação e elaboração dos “links” para um total de 200 registros. O acesso às informações e sua transformação em texto inserido no desenho demora poucos segundos, assim como alguma atualização necessária nos registros e textos. O recurso de editar, graficamente, um grupo de geometrias que atendam a uma condição de pesquisa, (ex: destacar quais os rios que pertencem a determinada bacia) também é rápido e flexível, admitindo ainda a possibilidade de criar comandos automáticos para consultas rotineiras.

A definição de determinado tipo de consulta, pesquisando a representação icônica do território e suas zonas elementares e o algoritmo de análise de localização à serem adotados, é a etapa mais importante da metodologia. Neste ponto, optamos pela modelagem icônica em um arquivo gráfico à parte, a ser sobreposto sempre que necessário à base cartográfica. Isto permite que a base seja utilizada em outras aplicações, ou possa ser editada e atualizada independentemente por terceiros. Vale registrar que cópias de arquivos

DWG com “links” já estabelecidos continuam operando normalmente, o que estimula em muito a geração de várias alternativas. A adoção de círculos para representação de cada zona elementar facilita a visualização de informações gráficas que sejam sobrepostas ao modelo icônico (os elementos da base cartográfica, como rios, limites, vias, etc., ver *anexo 3*), e ainda permite que as alternativas possam também ser identificadas sob forma tridimensional, através da alteração de cor e extrusão de cada círculo em função da possibilidade de localização que sua zona elementar expressa. Para possibilitar tal edição gráfica, de acordo com valores numéricos armazenados num banco de dados, cada registro correspondeu a uma zona elementar considerada no estudo.

A modelagem icônica consistiu na codificação das zonas elementares, na elaboração de seus ícones e na execução de “links” com o banco de dados destinado a armazenar dados de oferta de fatores e possibilidades de localização. Neste ponto, os procedimentos operacionais empregados na modelagem já começam a tirar partido dos recursos de construção e edição embutidos nos *softwares* AutoCAD e DBase III, sendo gastas 4 horas para a elaboração de 395 ícones geométricos de zona elementar e sua ligação a registros do Banco de Dados.

A utilização do modelo icônico numa rotina de análise começa com o preenchimento dos dados que compõem o perfil de oferta, feito iterativamente, com a visualização da base cartográfica, pois as áreas de influência dos fatores podem ser definidas geometricamente, através de círculos concêntricos, linhas paralelas, etc. Gasta-se aproximadamente 2 horas para confecção e preenchimento dos campos do banco de dados contendo a oferta de cada fator de localização

(ver *anexo 4*). O tamanho do arquivo DWG relativo a modelagem icônica, incluindo os bancos de dados, atingiu cerca de 300 Kb. Uma vez elaborado, o modelo icônico pode ser alterado ou editado em poucos segundos: em instantes é possível visualizar em cores os 4 níveis de oferta de cada fator, ou mesmo alterar, através do próprio desenho, o perfil de oferta de uma zona elementar. O processamento da análise é imediato, pois no caso estudado foi possível obter todos os indicadores de localização já armazenados no banco de dados, em menos de 1 minuto. Isto permite que, para cada cópia de um arquivo DWG e seus bancos de dados, se efetue modificações no perfil de oferta ou de demanda, ajustando assim o modelo em função de interpretações pessoais ou de atualização de dados, e multiplicando o número de alternativas possíveis e válidas.

A **obtenção de alternativas** é, portanto, um procedimento rápido e simples, cujos resultados são interpretados graficamente através da edição dos ícones de cada zona elementar. Os recursos de edição gráfica são ilimitados, e compreendem a construção de geometrias tridimensionais, a definição de cores, a sobreposição de imagens, a ampliação de detalhes, etc., Tudo pode ser controlado pelos conteúdos armazenados nos bancos de dados (ver *anexo 5*), viabilizando, por exemplo, o agrupamento das possibilidades de localização em 6 faixas, cada uma representando um conceito -da pior à melhor possibilidade- expresso graficamente por cilindros ou prismas de cor e altura diferenciadas (ver *anexo 6*).

Conclusão

A aplicação que desenvolvemos nos certificou de que já é possível realizar, em sistemas de computação pessoal, análises quantitativas

e qualitativas de alto nível, respaldadas por representação gráfica informatizada, associada a bancos de dados. A facilidade operacional encontrada, a sub-utilização de espaço de memória e a rapidez com que os dados foram processados nos permitem deduzir que problemas de localização envolvendo um número mais elevado de parâmetros, (zonas elementares, fatores de localização, tipologias industriais, níveis de oferta e de demanda) podem ser solucionados através deste ferramenta. O limite para as aplicações pode ser estendido, e melhorias da performance geral alcançadas, através da habilidade na confecção do modelo icônico, da exploração criteriosa dos recursos de CAD, da estruturação adequada do banco de Dados, da adoção de um algoritmo de análise eficiente e da programação de sub-rotinas racionais para consulta e edição.

Outro ponto que destacamos é o fato de empregarmos uma plataforma de *hardware* e *software* de custo acessível, já presente e difundida nos meios técnicos e científicos, possibilitando o emprego de nossa metodologia por parte de profissionais liberais, docentes, pesquisadores e alunos. A ampla gama de recursos de edição e documentação gráfica ao alcance destes, lhes abre um novo horizonte para a geração e divulgação, com total autonomia de suas idéias e proposições. Neste aspecto, o *marketing* técnico permite uma apresentação mais concisa dos aspectos positivos e atraentes de um projeto, facilitando o entendimento por parte de clientes e eventuais interlocutores, e permitindo uma participação mais ativa de outros segmentos da sociedade.

Referências

Bibliográficas

COSENZA, Carlos Alberto Nunes - "A In-

dustrial Location Model”- Cambridge, Working paper, Martin Centre for Architectural and Urban Studies Cambridge University, 1981.

COSENZA, Carlos Alberto Nunes et alii - “Localização Industrial no Novo Estado do Rio de Janeiro”- Rio de Janeiro, Relatório Final do Projeto COPPETEC ET-466/75, COPPE / UFRJ, 1977.

LIMA, Fernando Rodrigues - “Estudos de Localização Industrial: Criação de um Sistema de Análise Baseado em Modelos Icônicos Gerados por Aplicações da Computação Gráfica Associadas a Banco de Dados Relacional” - Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, COPPE / UFRJ, 1993.

Bibliografia

ATTANASIO, D. - “Fattori di Localizzazione nell’Industria Manifatturiera”- Bologna, Centro Studi Confindustria, 1976.

ATTANASIO, D. et alii - “MASTERLI: Modello di Assetto Territoriale e di Localizzazione Industriale “- Bologna, Centro Studi Confindustria, 1974.

AUTODESK, Inc. - “AutoCAD Release 12: Reference Manual”- Sausalito, Manual Técnico de *Software*, Autodesk Inc., Publication 100625, 1992.

AUTODESK, Inc. - “AutoCAD Release 12: SQL Extension Manual”- Sausalito, Manual Técnico de *Software*, Autodesk Inc., Publication 100189-01, 1992.

OMURA, G. - “Dominando o AutoCAD versão 12”- Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1ª Edição, 1993.

VALLE, C. E. - “Implantação de Indústrias”- Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1ª Edição, 1975.

Anexo 1

CAMPO >	FATOR A	FATOR B	.....	FATOR H	IND TP 1	IND TP 2	.....	IND TP X	ÍNDICES..
REG # 1	Q11	Q12	.....	Q18					
REG # 2	Q21	Q22	.....	Q28					
.....					
REG # 305	Q3051	Q3052	.....	Q3058					
TOTALS									

 DADOS DA OFERTA TERRITORIAL DA ZONA ELEMENTAR

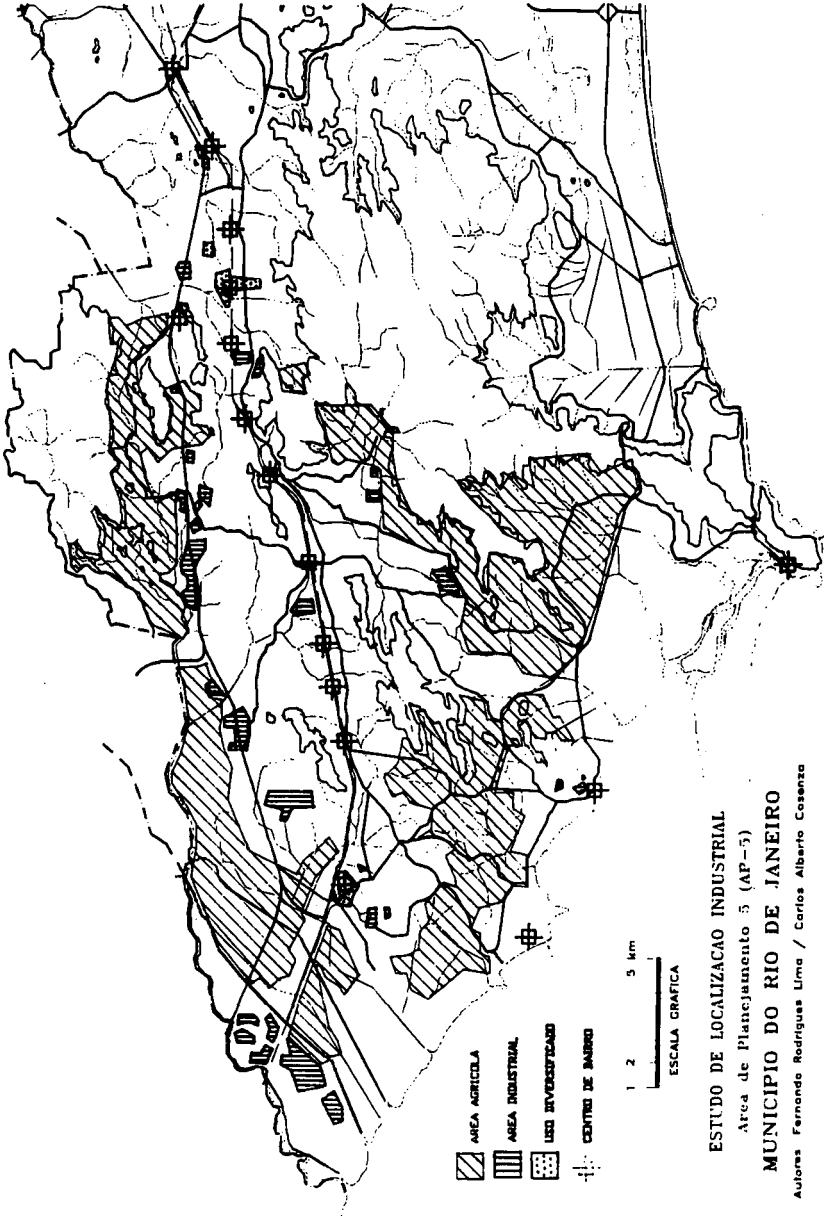
CAMPOS >	TIPOLOGIA 1	TIPOLOGIA 2	TIPOLOGIA 3	TIPOLOGIA 4
FATOR A	Q11	Q12	Q13	Q14
FATOR B	Q21	Q22	Q23	Q24
.....
FATOR H	Q81	Q82	Q83	Q84

CAMPO >	FATOR A	FATOR B	FATOR H	IND TP 1	IND TP 2	IND TP 3	IND TP 4	ÍNDICES..
REG # 1					Q11	Q12	Q13	Q14	Z1
REG # 2					Q21	Q22	Q23	Q24	Z2
.....				
REG # 305					Q3051	Q3052	Q3053	Q3054	Z305
ÍNDICES..					T1	T2	T3	T4	

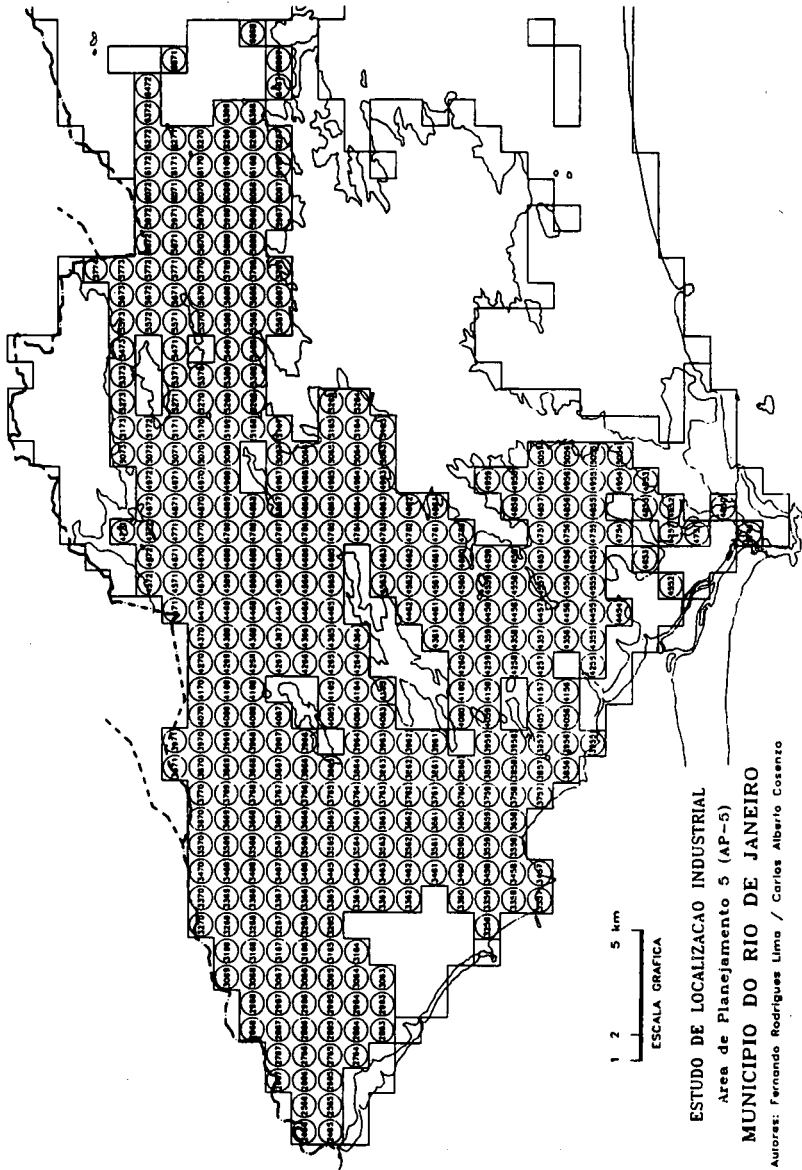
 DADOS DA INDICAÇÃO DE LOCALIZAÇÃO POR TIPOLOGIA

Anexo 2

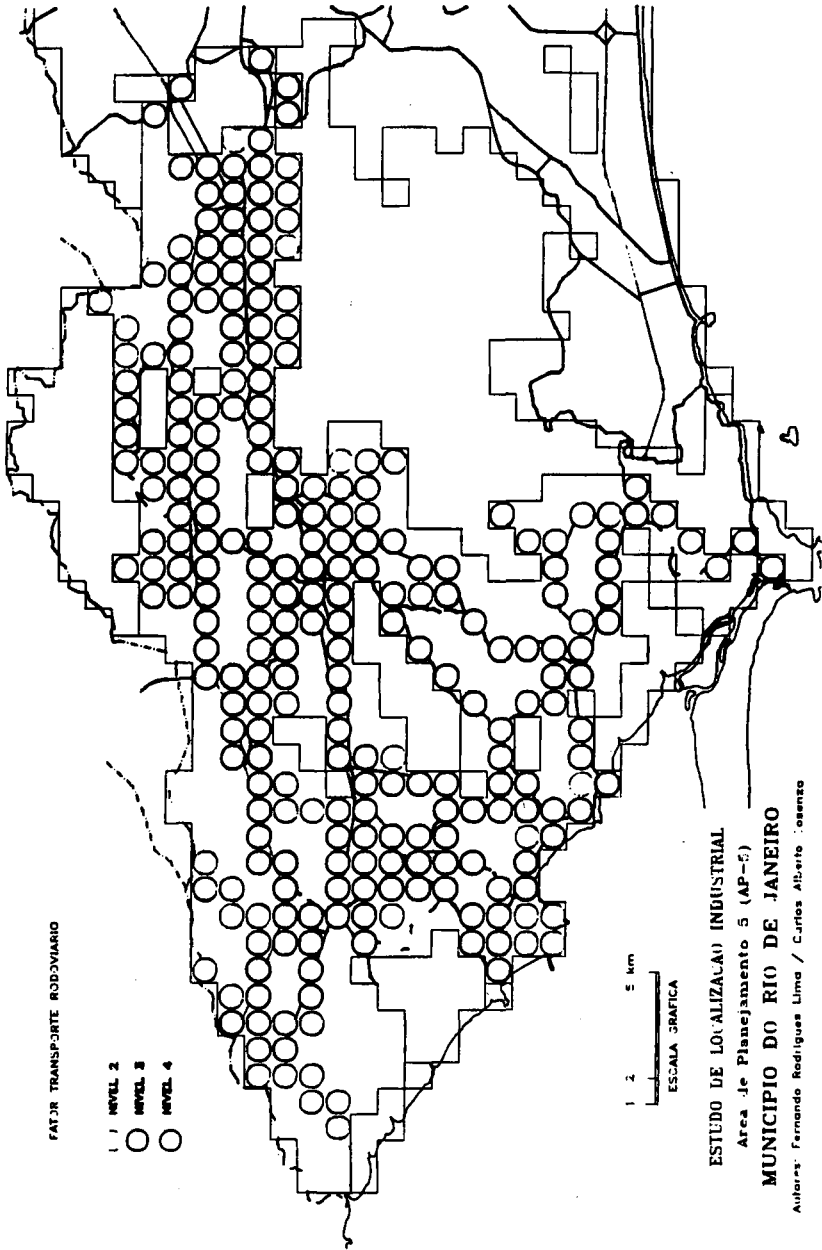
84 E



Anexo 3



Anexo 4



Anexo 5

Page No.
11/19/93

INDICADORES DE LOCALIZACAO INDUSTRIAL
AP-5 / MUNICIPIO DO RIO DE JANEIRO
Autores: Fernando Rodrigues Lima
Carlos Alberto Cosenza

ZONA ELEM	Indicador Carroceria (TIP1)	Indicador Refeicoes (TIP2)	Indicador Abatedouro (TIP3)	Indicador Marmoraria (TIP4)	Somatorio TOTAL DAS TIPOLOGIAS	Indice ZI MEDIA DAS TIPOLOGIAS
2465	5.88	4.13	7.75	6.25	24.01	6.00
2466	5.88	4.13	7.75	6.25	24.01	6.00
2565	12.63	8.13	9.75	10.25	40.76	10.19
2566	9.63	7.88	7.88	10.00	35.39	8.85
2665	12.75	13.50	10.13	14.00	50.38	12.60
2666	12.63	8.13	9.75	10.25	40.76	10.19
2667	7.63	4.38	8.00	6.25	26.26	6.57
2764	18.75	10.75	18.50	18.38	66.38	16.60
2765	12.75	13.50	10.13	14.00	50.38	12.60
2766	14.50	13.75	10.38	14.00	52.63	13.16
2767	10.63	4.63	9.88	6.50	31.64	7.91
2863	8.75	4.50	11.75	10.25	35.25	8.81
2864	8.88	4.75	14.50	10.38	38.51	9.63
2865	13.50	5.00	12.88	6.88	38.26	9.57
2866	14.50	13.75	10.38	14.00	52.63	13.16
2867	14.50	13.75	10.38	14.00	52.63	13.16
2868	14.50	13.75	10.38	14.00	52.63	13.16
2963	8.75	4.50	11.75	10.25	35.25	8.81
2964	10.50	4.75	12.00	10.25	37.50	9.38
2965	10.50	4.75	11.00	6.63	32.88	8.22
2966	17.25	8.75	13.00	10.63	49.63	12.41
2967	14.50	13.75	10.38	14.00	52.63	13.16
2968	14.50	13.75	10.38	14.00	52.63	13.16
3063	8.50	4.25	9.00	10.00	31.75	7.91
3064	10.50	4.75	12.00	10.25	37.50	9.38
3065	10.50	4.75	12.00	10.25	37.50	9.38
3066	14.75	10.25	13.13	10.38	48.51	12.13
3067	17.63	10.75	17.00	14.38	59.76	14.94
3068	17.63	16.88	16.13	22.00	72.64	18.16
3069	13.88	13.13	16.00	18.25	61.26	15.32
3164	7.38	4.13	5.25	6.00	22.76	5.69
3165	7.63	4.38	8.00	6.25	26.26	6.57
3166	13.63	6.38	13.00	6.75	39.76	9.94
3167	11.13	7.88	19.38	14.38	52.77	13.19
3168	17.00	10.13	22.63	18.63	68.39	17.10
3169	10.75	10.00	10.25	10.25	41.25	10.31
3259	18.13	18.75	16.88	14.75	68.51	17.11
3265	7.88	4.38	9.75	6.25	28.26	7.07
3266	10.63	6.00	10.00	6.25	32.88	8.22
3267	10.88	7.38	12.88	10.50	41.64	10.41
3268	13.88	9.38	16.00	14.38	53.64	13.41
3269	13.25	4.75	10.13	6.63	34.76	8.69
3270	10.63	6.50	12.25	10.13	39.51	9.88
3357	11.63	14.88	14.00	10.75	51.26	12.82
3358	17.88	18.75	14.25	14.75	65.63	16.41
3359	16.13	15.63	13.75	10.75	56.26	14.07

Anexo 6

128 A

