

A  
Linguagem  
da  
Arquitetura  
Hospitalar  
de  
João  
Filgueiras  
Lima

**Eduardo Westphal**  
Autor

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em  
Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito  
parcial para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

**Professor Benamy Turkienicz**  
Orientador

Porto Alegre, 2007

A  
Linguagem  
da  
Arquitetura  
Hospitalar  
de  
João  
Filgueiras  
Lima

**Eduardo Westphal**  
Autor

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em  
Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito  
parcial para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

**Professor Benamy Turkienicz**  
Orientador

Porto Alegre, 2007

para Júlia

## Agradecimentos

Agradeço a Deus, por colocar todas estas pessoas em meu caminho:

ao meu orientador, Prof. Benamy Turkienicz, por mostrar-me o caminho do raciocínio científico, ensinando-me a modelagem de problemas e o exercício de síntese de discurso;

à Júlia Kosciuk Guimarães, pelo apoio irrestrito e carinhoso ao longo deste trabalho e pela dedicação com que desenvolveu os esquemas gráficos e análises;

ao arquiteto João Filgueiras Lima, pela inspiração e pelo interesse em conhecer este trabalho e colaborar com seu desenvolvimento;

à arquiteta Rosirene Mayer, pelos debates e sugestões;

ao arquiteto Mateus Paulo Beck, pelos debates e por compartilhar o processo de tornar-se mestre;

aos bolsistas do SIMMLAB, Glauber Martins; Juliana Ziebell de Oliveira; Morgane Bigolin; Alexander Coelho; Marcelo Della Giustina; Bárbara Bellaver e Viviane Jacques, pela disponibilidade em me ajudar;

à minha família, pelo incentivo e amor;

aos meus amigos, pelo interesse e preocupação;

à CAPES, pelo financiamento de parte deste trabalho.

## Sumário

<b>Agradecimentos</b>	<b>I</b>
<b>Resumo</b>	<b>IV</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Introdução</b>	<b>01</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>07</b>
<i>Corpus</i> e Métodos de Análise	
<b>1.1. <i>Corpus</i> de Análise</b>	<b>08</b>
<b>1.1.1. Antecedentes</b>	<b>09</b>
<b>1.1.2. Definição do <i>Corpus</i></b>	<b>11</b>
<b>1.2. Métodos</b>	<b>31</b>
<b>1.2.1. Sintaxe Espacial</b>	<b>31</b>
O Modelo Sintático	<b>32</b>
Método de Análise do Espaço	<b>33</b>
<b>1.2.2. Gramáticas de Formas</b>	<b>36</b>
Método de Análise da Forma	<b>39</b>
<b>1.2.3. Gramáticas de Cores</b>	<b>42</b>
Método de Análise dos Componentes	<b>43</b>
<b>Capítulo 2</b>	<b>45</b>
Análises	
<b>2.1. Sintaxe Espacial</b>	<b>46</b>
<b>2.2. Gramáticas de Formas</b>	<b>77</b>
<b>2.2.1. Composição da Forma das Coberturas</b>	<b>77</b>

Sheds e Coberturas Fechadas	<b>77</b>
Componentes Acessórios	<b>81</b>
Ocorrência nos Hospitais	<b>84</b>
<b>2.3. Gramáticas de Cores</b>	<b>89</b>
<b>Capítulo 3</b>	<b>97</b>
<hr/>	
Resultados	
<b>3.1. Articulação Espacial</b>	<b>98</b>
<b>3.2. Composição da Forma das Coberturas</b>	<b>100</b>
<b>3.3. Articulação dos Componentes</b>	<b>102</b>
<b>Capítulo 4</b>	<b>104</b>
<hr/>	
Discussão e Conclusões	
<b>4.1. Discussão</b>	<b>105</b>
<b>4.1.2. Algoritmos Genéticos</b>	<b>105</b>
<b>4.2. Conclusões</b>	<b>114</b>
<b>Fontes</b>	<b>117</b>
<hr/>	
<b>Bibliografia</b>	<b>118</b>

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo a descrição dos elementos que caracterizam a linguagem arquitetônica de João Filgueiras Lima, o Lelé, para a Rede Sarah de Hospitais do Aparelho Locomotor, visando à identificação dos atributos que conferem identidade aos projetos e permitem a criatividade face ao emprego de um sistema construtivo produzido em escala industrial. As análises abrangeram a articulação espacial, pelo emprego da Sintaxe Espacial; a composição das formas e sua articulação, pelo emprego de conceitos das Gramáticas de Formas; e a articulação dos componentes construtivos, pelo emprego de conceitos das Gramáticas de Cores. Os atributos identificados permitiram a descrição de uma genealogia de decisões de projeto aplicável à síntese da linguagem de Lelé. Esses atributos integram-se sob a forma de diretrizes para a construção de um Algoritmo Genético capaz de mapear novas soluções com respeito à linguagem descrita e às restrições do programa hospitalar e da industrialização. A compreensão dessa genealogia encontra aplicação tanto na prática profissional quanto no ensino de projeto. As conclusões do trabalho sugerem a continuidade das análises visando à construção de um algoritmo mais complexo que procure soluções com maior potencial de adaptabilidade.

**Palavras-chave:** linguagem; sintaxe espacial; gramáticas de formas; gramáticas de cores; algoritmos genéticos; industrialização.

## **Abstract**

This work aims at describing the elements that characterize the architectural language of João Filgueiras Lima, Lelé, developed for the Sarah Network of Hospitals for the Locomotor System, looking for the identification of attributes that assign identity to his projects and allow creativity despite of using an industrialized construction system. The analysis reached spatial articulation, using Space Syntax; the composition of shapes and their articulation, using Shape Grammars' concepts; and the articulation of building components, using Color Grammars concepts. The identified attributes allowed the description of a genealogy of design procedures applicable to the synthesis of the language of Lelé. Such attributes are integrated into ways for coding a Genetic Algorithm that maps new solutions under the described language and the constraints of the hospital program and the industrialization process. The understanding of such genealogy finds applications both in professional practice and architectural design teaching. The conclusions of this work suggest the further development of the analysis, looking for a more complex algorithm able to search for fitter solutions.

**Keywords: language; space syntax; shape grammars; color grammars; genetic algorithms; industrialization.**



## Introdução

Em lingüística, o conceito de linguagem refere-se à representação do pensamento por meio de sinais, verbais ou não verbais, constituindo um padrão de comunicação capaz de ser reproduzido. Em arquitetura e design, o termo linguagem pode referir-se ao modo como o arquiteto ou o designer representam ou materializam a solução a um problema dado, como um edifício ou um automóvel. Assim como na lingüística, as linguagens empregadas por arquitetos e designers são caracterizadas pela existência de padrões. Tais padrões, por sua vez, podem ser descritos por gramáticas capazes de sintetizar linguagens.

Para Chomsky (195~), uma gramática é constituída por um vocabulário de palavras e um conjunto de regras de sintaxe capazes de formar frases com sentido, a partir desse vocabulário (Chomsky, 1980). Em arquitetura e design, o vocabulário de palavras dá lugar a sinais traduzidos em formas e atributos a elas conferidos, como materiais, cores e texturas também submetidos a regras de sintaxe. As regras estabelecem o modo como cada vocabulário é articulado, gerando estruturas formais. As estruturas diferenciam-se umas das outras pela aplicação de diferentes regras. Neste sentido, a noção de estilo é resultado da caracterização da identidade de cada uma destas estruturas.

Em processos de design, objetos são criados a partir de linguagens que garantem identidade e otimização da produção a partir de uma mesma matriz. Diferenciações entre produtos são originadas em operações simples que combinam recursos que vão desde a repetição de conjuntos de formas à variação de parâmetros de dimensionamento. Tal processo é comum, por exemplo, numa linha de automóveis. A linguagem comum assegura que elementos como tratamentos de superfícies, padrões de curvaturas de chapas e formatos de faróis, grades e acabamentos, dêem forma a um *sedan*, uma camionete ou um *hatchback*.

Le Corbusier poderia ser considerado um dos precursores do design de mobiliário contemporâneo quando em 1928, a partir de uma mesma coordenação modular, empregou materiais semelhantes atendendo a diferentes finalidades. Outros exemplos, como utensílios de cozinha, linhas de eletrodomésticos, peças de vestuário, sistemas de iluminação seguem a mesma lógica de concepção e produção.

Se a industrialização de objetos atende rapidamente às demandas de otimização da produção a custos cada vez menores, a indústria da construção civil dá passos mais lentos, empregando processos que geram desperdício e custos desnecessários. Adicionalmente à lentidão do avanço nas tecnologias da edificação desenvolveu-se a noção de que a repetição dos seus componentes implicaria em monotonia e restrição à criatividade (Audin in: Industrialização da Construção, v.III, p.05). Prevalece a idéia de que a indústria, pela repetição, se imporia à arquitetura, determinando ao arquiteto como construir, quando,

segundo Knecht (2004), seria o arquiteto que deveria impor suas demandas, sugerindo à indústria como seus projetos deveriam ser construídos.

Apesar de conceitos e preconceitos, muitos arquitetos fizeram significativas incursões na pré-fabricação; alguns se limitando a usá-la em determinadas obras ou protótipos, outros desenvolvendo arquitetura amplamente baseada em processos industrializados.

Richard Neutra (1892-1970) desenvolveu a partir de 1925 o sistema de construção *Diatom*<sup>1</sup>, baseado na construção com estruturas leves e flexíveis, empregando tirantes e painéis (*Diatalum*), compostos de terra seca constituída por algas. A terra, entretanto, revelou-se muito frágil, causando fissuras nos painéis. Neutra chegou a planejar uma fábrica para a produção dos painéis, cujo projeto, que envolvia toda a logística necessária, nunca foi executado. O sistema de construção com painéis leves foi testado até 1950, substituindo-se a terra por concreto. As casas Diatom, porém, resumiram-se a modelos, nunca chegando a ser produzidas em escala industrial (Lamprecht, 2004) Kisho Kurokawa (1970-1972) foi responsável pela construção da torre de apartamentos *Nakagin*, um conjunto de cápsulas pré-fabricadas instaladas em torre estrutural de concreto. Recentemente grandes edifícios como a torre *Swiss Re* (2004) de Norman Foster em Londres, e a Biblioteca Central de Seattle (2004) de Rem Koolhaas caracterizam exemplos do design de edificações baseado em componentes construtivos industrializados sob medida fruto de planejamento prévio possibilitado por tecnologias de prototipagem, como advoga Knecht (2004). Os projetos de Kurokawa, Foster e Koolhaas, tiveram seus componentes produzidos como peças únicas destinadas a um edifício específico. Não constituem entretanto sistemas em série flexíveis, característicos da industrialização de objetos onde diferentes programas são atendidos pela mesma linguagem.

Um dos primeiros estudos visando à simulação de projetos arquitetônicos a partir de uma linguagem pré-estabelecida foi realizado por Koning e Eizenberg (1981). Nestes estudos, modelaram a linguagem arquitetônica das *prairie houses* de Frank Lloyd Wright, identificando padrões de articulação de um conjunto de formas e tratamentos de superfícies existentes na amostra analisada. Uma vez caracterizada a linguagem, novos projetos foram simulados utilizando a mesma linguagem das *prairie houses*.

Recentemente, Duarte (2001), em trabalho com Álvaro Siza, analisou unidades construídas no conjunto habitacional da Malagueira, em Évora - de autoria de Siza - identificando uma linguagem de articulação de formas e espaços capaz de possibilitar novas soluções para a ampliação das unidades do conjunto sem que as mesmas perdessem sua identidade inicial. O trabalho de Duarte se constitui num dos esforços mais consistentes na elaboração de soluções de ampliação em larga escala onde o desafio é compatibilizar a flexibilidade necessária às demandas de cada usuário à manutenção da linguagem do arquiteto pré-existente no conjunto.

Os trabalhos de Koning e Eizenberg e de Duarte constituem alternativas de caracterização de linguagens a partir da identificação de vocabulário e regras de sintaxe, sejam referentes à forma, articulação espacial ou de componentes construtivos, possibilitando diferentes sínteses arquitetônicas sem perda de identidade. Como procedimento, o método mostra-se aplicável tanto a sistemas tradicionais de construção, como nos casos da Malagueira e das *prairie houses*, quanto à edifícios totalmente industrializados.

Um dos exemplos mais marcantes, a nível mundial, de utilização de linguagem arquitetônica para a solução de diferentes programas é dado, no Brasil, por João Filgueiras Lima, o Lelé. Desenvolvendo sistemas de pré-fabricação desde os anos sessenta, Lelé atualmente responde pelos projetos da Rede Sarah de Hospitais do Aparelho Locomotor, onde emprega componentes construtivos metálicos e de argamassa-armada produzidos em série. Uma das características dos edifícios da Rede Sarah são os *sheds*, elementos de iluminação e ventilação zenitais, com formas marcantes, que possibilitam o emprego de luz e ventilação natural em quase todos os espaços. Outra característica das obras é o emprego de painéis e elementos coloridos que se destacam em meio ao branco e cinza predominantes.

Cada hospital Sarah articula elementos industrializados respeitando padrões compositivos comuns mas, ao mesmo tempo atendendo diferentes requisitos como tipo e tamanho do programa, configuração e localização do lote, e materiais disponíveis localmente. A observada unicidade de padrões, característicos de sistemas de pré-fabricação, torna pertinente a análise dos edifícios da Rede Sarah de Hospitais do Aparelho Locomotor, visando à descrição da linguagem arquitetônica empregada. Embora aceita como "marca" de Lelé a linguagem empregada no Sarah não teve, até hoje, nem por parte de seu autor como de estudiosos abordagem que lograsse descrevê-la como um sistema .

Caracteristicamente repetida, e amplamente testada, a linguagem dos hospitais da rede Sarah vem sendo utilizada por Lelé para a produção de novos hospitais e até mesmo de outros tipos de programa. A repetição é bem sucedida em que aparentemente não limita o arquiteto na adaptação do projeto a diferentes situações e permite a cada projeto uma dupla identidade: uma com a obra de Lelé e outra originada pela inserção na paisagem de cada lugar como objeto diferenciado. Ao mesmo tempo em que os projetos dos hospitais da rede Sarah oferecem um testemunho claro sobre as possibilidades de uma arquitetura criativa feita a partir de componentes industrializados estabelecem um instigante repto investigatório sobre as características que conduzem ao emprego harmônico destes componentes em diferentes situações. O conhecimento sobre estas características teria duas conseqüências imediatas: em primeiro lugar constituir-se-ia em primeiro estudo sobre a obra de Lelé como um *sistema de projeto*; em segundo lugar, uma vez caracterizados os elementos principais da linguagem dos hospitais da rede Sarah, poderia encaminhar à produção de uma gramática que permitisse a elaboração de

projetos a partir desta linguagem sem a participação do arquiteto que a formulou.

Para tanto, esta pesquisa propõe a análise de hospitais da rede Sarah projetados por Lelé, identificando os atributos que caracterizam sua linguagem. A modelagem dos atributos da linguagem de Lelé para a Rede Sarah leva em conta articulações em três níveis distintos: articulações dos espaços (a), das formas arquitetônicas (b) e dos componentes construtivos (c). A capacidade de reprodução do sistema à partir de uma gramática de projeto deverá ser resultado da intersecção simultânea destes três níveis (d).

a) Os hospitais da Rede Sarah parecem revelar estruturas espaciais determinadas por restrições programáticas. Sejam os hospitais grandes ou pequenos, horizontais ou verticalizados, em bloco único ou não, uma certa hierarquia espacial é respeitada de modo a repetir o funcionamento do programa. As relações entre os espaços criam hierarquias e possibilidades de percursos, que, por sua vez, podem influenciar o modo como o usuário percebe e se apropria de cada espaço. A inteligibilidade dos espaços pode ser manipulada de modo a lhes conferir diferentes níveis de acessibilidade, de acordo com as funções às quais se destinam. A aplicação do modelo da Sintaxe Espacial (Hillier e Hanson, 1984) visa a descrever essa hierarquia através da análise das relações entre espaços como partes e o todo de cada hospital, bem como dos possíveis percursos realizáveis pelos usuários como reflexo da hierarquia desses espaços. Essa modelagem permite a comparação dos níveis de acessibilidade com as funções e usuários aos quais se destinam, buscando identificar padrões de articulação espacial entre os hospitais da amostra, descrevendo um padrão.

b) Uma das características mais sensíveis nos hospitais da Rede Sarah é a forma de seus elementos de cobertura (*sheds*, marquises, abódoas). Esses elementos possuem formas semelhantes que fazem com que se identifique um estilo característico de Lelé para a rede. Essa identidade consegue se impor a restrições técnicas como o tipo de material disponível ou do dimensionamento dos vãos e da estrutura, que condicionam a forma desses elementos. A aplicação do modelo das Gramáticas de Formas (Stiny e Gips, 1972) na análise dos elementos de cobertura visa à decomposição dos mesmos de modo a descrever uma linguagem de composição das suas formas, identificando um vocabulário de formas básicas e regras de estruturação delas, capazes de gerar todos os tipos de cobertura presentes na amostra. Essa análise modela os padrões característicos da linguagem das coberturas dos hospitais da Rede Sarah. Os diferentes tipos de formas e as variações nas suas dimensões podem também configurar padrões de relação com determinadas funções e tipos de espaços, possibilitando a descrição do nível de inferência da função sobre a forma.

c) Todo edifício envolve o emprego de materiais e tecnologias que produzem efeitos de diferentes naturezas: térmica, iluminação, ventilação, tátil; que, a exemplo da forma, variam na sua articulação obra a obra. Num sistema

construtivo pré-fabricado e industrializado, como o de Lelé, esses materiais aparecem num jogo de componentes que ao se articularem dão forma a diferentes edifícios. Assim como a organização dos espaços e a composição das formas podem caracterizar uma linguagem, o modo como o arquiteto combina diferentes componentes construtivos também pode estar submetido a padrões. Esses padrões, por sua vez, podem relacionar-se ao programa que o arquiteto precisa solucionar. A relação entre componentes construtivos e as funções dos espaços será analisada a partir do modelo das Gramáticas de Cores (Knight, 1989), Uma gramática capaz de sintetizar a articulação dos diferentes componentes construtivos visa, através da modelagem de sua recursividade, à descrição de uma linguagem não somente de tipos de componentes, mas também do modo como se relacionam entre si e com os espaços requisitados por cada programa.

d) As Gramáticas da Forma Arquitetônica podem ser analíticas ou sintéticas. Gramáticas analíticas visam à descrição da linguagem de objetos, enquanto as sintéticas visam à síntese de novos objetos a partir dessa linguagem previamente descrita. A identificação e descrição de padrões de articulação dos espaços, das formas e dos componentes construtivos pode constituir gramáticas capazes de gerar novas soluções de projeto de acordo com a linguagem de Lelé para a Rede Sarah. As gramáticas, por descreverem essa linguagem, podem auxiliar a produção, em escala industrial, de novas formas, arranjos de planta e de componentes construtivos, a partir dos padrões identificados nas análises. A integração dessas gramáticas, a princípio autônomas, numa capaz de sintetizar a tríade espaço-forma-componente, requer a aplicação de um modelo capaz de codificar esses padrões numa mesma base de dados.

Embora este trabalho se limite à análise dos atributos da linguagem de Lelé, a associação desses atributos e sua síntese é proposta através da aplicação de um quarto modelo, os Algoritmos Genéticos (Holland, 1973, 1975, 1992; Bentley, 1999). Os Algoritmos Genéticos são um mecanismo de busca por soluções otimizadas, e consistem na iteração de operações baseadas em princípios evolutivos da natureza. A aplicação deste modelo na integração das informações é pertinente uma vez que possibilita a codificação das regras de articulação espacial, formal e construtiva numa mesma base, sob a forma binária, realizando buscas automáticas por soluções de projeto em um amplo espectro de possibilidades; tarefa que seria demasiado trabalhosa num processo não automatizado. As buscas devem procurar por combinações de regras capazes de sintetizar projetos com maior poder de adaptação à linguagem de Lelé, descartando aquelas que geram soluções menos adaptáveis. Essa síntese através de um Algoritmo Genético pode, futuramente, permitir a produção de novas soluções de projeto adequadas à produção industrial, de acordo com a linguagem descrita, mantendo a identidade do arquiteto e comprovando a possibilidade de se empregar processos industriais de construção sem o prejuízo da criatividade.

A dissertação se estrutura em quatro capítulos. O primeiro capítulo, na primeira parte, revisa a obra de Lelé e concentra-se nos elementos necessários à descrição da linguagem arquitetônica empregada na Rede Sarah. Na segunda parte, apresenta o método empregado na análise do *corpus* e revisa os modelos da Sintaxe Espacial, das Gramáticas de Formas e de Cores. O segundo capítulo apresenta as análises dos atributos da linguagem empregada nos hospitais da Rede Sarah. O terceiro capítulo apresenta os resultados dessas análises e, no quarto e último capítulo, são discutidas possibilidades de articulação dos atributos da linguagem de Lelé à partir da noção de Algoritmos Genéticos e traçadas conclusões sobre o estudo realizado.

# 1. Corpus e Métodos de Análise

## Capítulo 1. *Corpus* e Métodos de Análise

“A rigor, eu tento fazer com o edifício o que um designer faz com um automóvel. Busco uma montagem de componentes que são projetados e integrados em sistemas industrializados.” (Lelé, in: Sousa, 1999, p.28).

### 1.1. *Corpus* de Análise

A Rede Sarah, gerida pela Associação das Pioneiras Sociais (APS), foi criada em 1976 com o nome de *Subsistema de Saúde na Área do Aparelho Locomotor* e teve seu primeiro hospital construído em 1980, em Brasília, DF. O projeto de Lelé para este hospital foi fruto de 13 anos de discussões com o médico Aloysio Campos da Paz, co-fundador da rede juntamente com o economista e engenheiro Eduardo Kertész. A concepção do edifício foi prenúncio da arquitetura adotada posteriormente nas demais unidades da rede, especialmente no que tange à organização espacial voltada para terapias baseadas na mobilidade dos pacientes e na permanência ao ar livre.

A crescente demanda por unidades em várias regiões do país levou a Rede Sarah à implantação do seu Centro de Tecnologia (CTRS), com o objetivo de desenvolver sistemas construtivos que atendessem às necessidades de produção e montagem de modo racional. Sob a coordenação de Lelé, uma ampla equipe técnica do CTRS desenvolve sistemas construtivos pré-fabricados em argamassa armada, produzidos em Salvador e transportados para várias regiões do país<sup>1</sup>.

Segundo Lelé (1999, p. 12) as funções básicas do CTRS são: a construção de novos edifícios, o ajuste de hospitais existentes a novas exigências e tecnologias, o desenvolvimento e fabricação de equipamentos destinados ao atendimento nos hospitais e a manutenção predial e de equipamentos da Rede Sarah.

A indústria do CTRS em Salvador (Fig.1.1) utiliza setores de metalurgia pesada, metalurgia leve, marcenaria, argamassa-armada, plásticos, modelos e fibra-de-vidro (Lelé, 1999, p. 13-14). É a partir dessas unidades de produção que se originam os componentes para construção dos edifícios, como chapas de cobertura e vedação, painéis modulares de argamassa-armada, divisórias, peças estruturais, mobiliário e equipamentos hospitalares.

---

<sup>1</sup> A pré-fabricação, diferentemente da pré-moldagem, consiste na produção de componentes construtivos fora do canteiro de obra (geralmente em fábricas) e transportados até à obra. Componentes pré-fabricados em escala industrial, como no caso do CTRS, precisaram respeitar princípios de dimensionamento para adequarem-se ao transporte de longa distância.





Fig.1.1. Centro de Tecnologia da Rede Sarah, Salvador.

A arquitetura industrial de Lelé, caracterizada pela serialização de componentes construtivos, tem nos *sheds*<sup>2</sup> de ventilação e/ou iluminação naturais um dos elementos mais marcantes. Outra importante característica é dada pela adoção de sistemas construtivos leves e modulados, possibilitando a reconfiguração de plantas ou da volumetria. Atualmente, a Rede Sarah produz edifícios que empregam sistemas construtivos plano-lineares (Oliveri, 1972), que consistem na combinação de planos e elementos lineares na configuração de espaços e estruturas. Na Rede Sarah, os planos das paredes e lajes são produzidos em argamassa-armada, planos de cobertura e aberturas são produzidos em aço ou alumínio e os elementos lineares são fabricados a partir de perfis, chapas dobradas e barras de aço. A combinação desses elementos dá a forma dos edifícios da Rede Sarah.

Cada unidade hospitalar da Rede Sarah se origina em projeto único, como um grande jogo de montar que emprega os diversos componentes construtivos modulados, levando em conta os condicionantes de terreno, insolação e ventilação. Os hospitais tomam forma, empregando fechamentos, esquadrias, revestimentos e até mesmo mobiliário produzidos no CTRS. Embora os diferentes condicionantes de terreno e localização exijam soluções diferentes, o emprego de componentes produzidos em série e o próprio programa caracterizam padrões de articulação dos componentes construtivos e do espaço, respectivamente.

### 1.1.1. Antecedentes

As experiências de Lelé em pré-moldagem e pré-fabricação remetem ao início de sua atividade profissional. O arquiteto que se formou em 1955 na Escola de Belas Artes da então Universidade do Brasil, atual UFRJ, partiu para Brasília em 1957 com a missão inicial de projetar e construir barracões para abrigar operários e engenheiros envolvidos na construção da nova capital

<sup>2</sup> Sheds são elementos de iluminação e/ou ventilação empregados em coberturas e planos horizontais de edificações. São elementos característicos da arquitetura industrial e amplamente utilizados por Lelé em seus projetos.

federal. O tempo exíguo e a infra-estrutura precária exigiam a adoção de soluções construtivas extremamente racionais, como confirma o próprio Lelé:

*“mas se você perguntar para mim por que eu me meti nesse negócio de pré-fabricação, eu ainda vou te responder que foi por causa de Brasília. Porque lá tínhamos que fazer uma quantidade enorme de barracões, de casas para os engenheiros, para os operários, em um prazo curtíssimo.”*  
(Lelé in: Latorraca, 2000, p.24).

Durante a construção de Brasília, Lelé passou a conviver com os arquitetos Oscar Niemeyer (1907-) e Lúcio Costa (1902-1998). A partir desses relacionamentos passou a desenvolver diversos projetos no plano-piloto. Inicialmente sua função era executar os projetos que Niemeyer e Costa mandavam de seus escritórios no Rio de Janeiro. Depois de adquirida certa experiência, Lelé passa a desenvolver e executar projetos próprios sob a orientação de Niemeyer, de quem se tornou discípulo (Lima e Menezes, 2004, p.103).

As experiências mais significativas em pré-moldagem aconteceram nos projetos que Lelé desenvolveu com Niemeyer para a Universidade de Brasília (UnB). A amizade com Darcy Ribeiro (1922-1997), primeiro reitor e fundador da instituição, surgiu ainda na época de graduação, quando um dos mais importantes professores de Lelé, Aldary Toledo (1915-1998), o apresentou ao antropólogo.

Dois importantes projetos pré-moldados realizados por Lelé para a UnB foram os galpões de serviços gerais e os edifícios de apartamentos para professores (UnB Colina), ambos de 1962. Esses projetos empregavam tanto peças pré-moldadas *in loco* quanto elementos fundidos *in loco*. Caracterizam-se pela flexibilidade de organização das plantas e instalações.

Um dos projetos feitos em parceria com Niemeyer foi o do Instituto Central de Ciências (ICC), conhecido como *minhocão* (1964). Neste projeto Lelé já estudava a industrialização adotando peças pré-fabricadas na construção. O projeto porém, sofreu alterações contrárias às intenções dos arquitetos no decorrer da obra. Com o golpe militar em 1965, Lelé e Niemeyer foram demitidos da UnB não podendo acompanhar a obra até sua conclusão.

A partir da experiência na UnB, Lelé passa a desenvolver outros projetos como a residência do Ministro do Estado e a Loja de Veículos Volkswagen Disbrave, ambos de 1965 e em Brasília. Na Disbrave aparece a cobertura com vigas-shed (Figs. 1.2 e 1.3), servindo ao mesmo tempo como estrutura para vencer vãos de 25m e como sistema de iluminação indireta. É, no entanto, em 1967 por indicação de Oscar Niemeyer à Secretaria de Saúde de Brasília, que Lelé elabora seu primeiro projeto hospitalar; o Hospital Distrital de Taguatinga, construído em 1968.



Figs. 1.2 e 1.3. Vigas-*Shed* e Fachada da Revendedora Disbrave, Brasília.

No Hospital de Taguatinga (Fig. 1.4) Lelé aplica conceitos observados nos projetos para a Rede Sarah. O desenho de planta em sistema aberto (Lelé in: Guimarães, 2003, p.69) inspira-se no crescimento das raízes, onde eixos principais bifurcam-se em eixos secundários, e assim por diante. A partir desses atributos pode-se traçar um paralelo com a obra de Frank Lloyd Wright (1867-1959), como nas Usonian Houses<sup>3</sup>, projetadas dentro de uma modulação e planejadas de modo a permitir ampliações de acordo com as necessidades de seus moradores. Divisórias internas de aço reforçam a idéia de flexibilidade na organização dos espaços. Esse sistema não encerrado permite que o hospital cresça e se adapte às novas necessidades técnicas e às crescentes demandas por atendimento. Assim como na planta, os elementos em pórtico que constituem as fachadas são pré-moldados em concreto armado, permitindo a flexibilização da estrutura. Nesta obra também há a adoção de *sheds* para iluminação e ventilação naturais. Durante a obra, Lelé trabalhou com seu aluno da UnB, Kristian Schiell (Guimarães, op. cit.), filho do engenheiro alemão Frederico Schiell, que trabalhara com o italiano Pier Luigi Nervi (1891-1979)<sup>4</sup> e trouxera a tecnologia do ferro-cimento à Escola de Engenharia de São Carlos. Ferro-cimento e a argamassa-armada são sistemas de pré-fabricação semelhantes. O primeiro, no entanto, emprega malha de aço maior e mais robusta do que o segundo, do mesmo modo que sua argamassa. A argamassa-armada, por sua vez, é uma técnica mais leve, com menos aço e que resulta em placas mais delgadas.

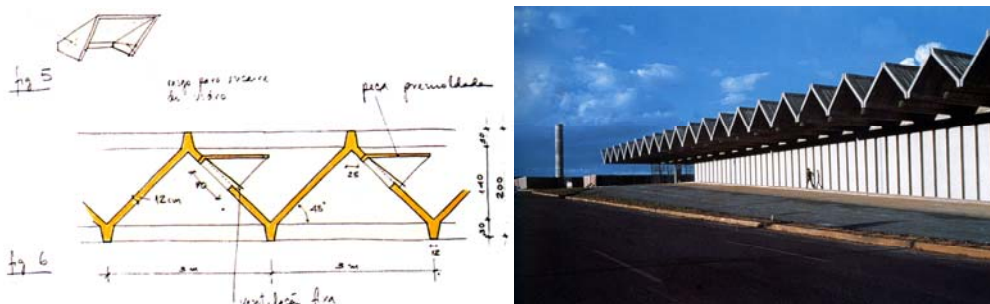
<sup>3</sup> Ver KNIGHT, Terry. **Transformations in Design** – A Formal Approach to Stylistic Change and Innovation in the Visual Arts. Cambridge: University Press, 1994, 219-242.

<sup>4</sup> Pier Luigi Nervi, engenheiro nascido na cidade italiana de Sondrio, em 1891. Lelé conheceu a obra de Nervi através de sua amizade com a arquiteta Lina Bo Bardi (1914-1992), que lhe forneceu livros e desenhos originais de Nervi, com quem trabalhou quando ainda morava na Itália. Nervi foi inventor da técnica de pré-fabricação com ferro-cimento, ver: Nervi, 1955.



Fig. 1.4. Hospital Distrital de Taguatinga, Brasília.

A partir do trabalho com Kristian Schiell, Lelé tomou conhecimento do trabalho de seu pai, Frederico, que em 1972 viria a trabalhar com o arquiteto no projeto da revendedora de automóveis Ford Planalto (Figs. 1.5 e 1.6), em Brasília. No projeto, Lelé e Schiell empregaram a tecnologia da argamassa-armada na produção de sheds, que segundo Lelé foram produzidos em escala "até bastante artesanal" (Lima e Menezes, 2004, p.56).



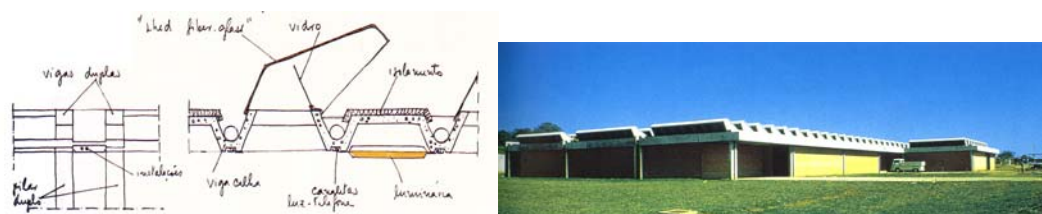
Figs. 1.5 e 1.6. Sheds e Fachada da Revendedora Planalto, Brasília.

O projeto seguinte seria feito com base em um estudo urbanístico de Lúcio Costa. Os edifícios das Secretarias do Centro Administrativo de Salvador, de 1973, seriam os primeiros de uma série de projetos na capital baiana. Lelé empregou elementos pré-fabricados tipo pórticos para a construção das fachadas. Em virtude do relevo acidentado, os edifícios destacam-se do solo apoiados por grandes plataformas com vãos de 16,6m. Seguindo o modelo de Taguatinga, a organização escalonada dos volumes permite a extensão posterior dos mesmos e cria terraços em diferentes níveis. No ano seguinte (1974) Lelé emprega blocos estruturais pré-fabricados tipo pórtico semelhantes no projeto de duas torres de 15 pavimentos para a Construtora Camargo Corrêa em Brasília. Desta vez, porém, o projeto só é flexível em seu interior pela adoção de planta-livre.

Em 1975 Lelé projeta a residência de Nivaldo Borges em Brasília, empregando não mais o concreto ou a argamassa armada, mas a alvenaria de

tijolos. Com a obra totalmente executada por um artesão espanhol, a casa é constituída por seqüências de arcos em meio-ponto, remetendo à imagem de um aqueduto romano. Apesar dos tijolos, a estrutura não dispensa planos horizontais com lajes-nervuradas. A mesma solução seria empregada anos depois na igreja de Alagados, em Salvador (1979), executada pelo mesmo artesão. A este projeto se segue o do convento de Brotas (não executado), ainda em alvenaria de tijolos, porém desta vez empregando a técnica de alvenaria-armada, introduzida no Brasil pelo engenheiro uruguaio Eládio Dieste (1917-2000), cujo maior exemplo no Brasil é dado pelas coberturas dos galpões da CEASA em Porto Alegre, inaugurados em 1973. É interessante observar que no projeto de Brotas, provavelmente pela flexibilidade em se trabalhar com tijolos, aparecem pela primeira vez coberturas tipo *shed* com formas em arco escalonadas, semelhantes às adotadas atualmente nos hospitais da Rede Sarah, ao contrário dos *sheds* de projetos anteriores, também curvos, porém com dimensões regulares. Em Brotas, encontramos clara referência à Igreja de Riola, de Alvar Aalto (1898-1976), cujo projeto começou em 1966 e após uma série de alterações foi inaugurado em 1980. Assim como em Riola, Brotas apresenta uma cobertura com seqüência de *sheds* escalonados com perfil em seção de círculo.

No ano de 1977, no projeto para a Clínica de Cirurgia-Plástica Daher, em Brasília, Lelé emprega um tipo diferente de *shed*, facetado e produzido em fibra-de-vidro, a estrutura dessa vez é em concreto fundido no local. No ano seguinte (1978), no projeto do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado (Figs. 1.7 e 1.8), também em Brasília, Lelé emprega *sheds* com a mesma seção dos utilizados na Clínica Daher, porém desta vez construídos em ferrocimento.



Figs. 1.7 e 1.8. *Sheds* e Fachada do Centro de Pesquisas do Cerrado, Brasília.

Em 1975 teve início o primeiro projeto para a Rede Sarah, quando projetou o hospital Sarah Brasília (1975-1980). Embora adotando uma solução verticalizada, Lelé ensaiava, com esse projeto, uma série de atributos que posteriormente seriam características de seus hospitais (Fig. 1.9). Em grande parte, muitos destes atributos podem ser considerados como frutos remanescentes da visita de Lelé à Finlândia em 1969, quando visitou a arquitetura de Aalto e se deteve nas preocupações do arquiteto finlandês com o *genius loci*<sup>5</sup> e o conforto ambiental.

O Sarah Brasília constitui-se de sete níveis intercalados em defasagem formando um bloco único (não expansível) oblongo. Cada nível consiste numa

<sup>5</sup> Ou o espírito do lugar. Ver: Aldo Rossi, 1966.

grande planta com vigas tipo *Vierendeel*<sup>6</sup> moldadas *in loco*, organizada em dois setores básicos: um com pé-direito simples onde ficam internação e serviços e outro com pé-direito duplo resultante da translação do nível superior, onde ficam terraços com jardins para lazer e insolação dos pacientes.

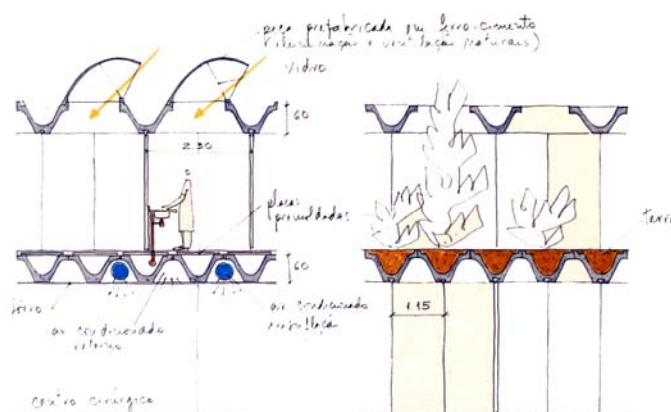


Fig. 1.9. Hospital Sarah Kubitcheck, Brasília.

Depois das experiências de Taguatinga e Brasília Lelé passou muitos anos sem projetar hospitais, porém desenvolvendo sistemas de pré-moldagem em argamassa-armada. Suas experiências mais significativas foram nas prefeituras de Salvador, Abadiânia e Rio de Janeiro.

As experiências de Lelé com a construção em escala industrial tomam força em 1978, quando o recém-eleito prefeito de Salvador Mário Kertész convoca uma grande equipe a trabalhar na Fábrica da Companhia de Renovação Urbana de Salvador (RENURB), entre eles, Lelé e Frederico Schiell da EESC-USP. A tarefa de produzir componentes pré-fabricados para melhorias da infra-estrutura urbana de Salvador, principalmente voltadas para o transporte coletivo, exigiu novas pesquisas e avanços na tecnologia da argamassa-armada (Lelé in: Latorraca, 2000, p. 98). A RENURB fabricou peças para a montagem de abrigos de passageiros em paradas de ônibus, terminais, quiosques, drenagem urbana e sistemas de contenção para áreas de risco. A experiência da RENURB foi comprometida em 1981 com a demissão do prefeito Kertész. A produção continuou, porém, segundo Lelé (Latorraca, op. cit.), com qualidade comprometida.

Em 1982, com a eleição de Vander Almada para a prefeitura de Abadiânia, em Goiás, Lelé é convidado a trabalhar num projeto-modelo de infra-estrutura para a comunidade. Monta uma pequena fábrica "improvisada" (Lima e Menezes, 2004, p.57) de componentes pré-fabricados em argamassa-

<sup>6</sup> Tipo de treliça criada em 1896 pelo engenheiro belga Jules Arthur Vierendeel (1852-1940) que dispensa barras diagonais devido à rigidez conferida às barras horizontais e verticais, sendo que todas são submetidas a momentos fletores. Pela ausência das barras diagonais, as treliças tipo Vierendeel permitem o uso de seus vãos na abertura de portas e janelas com maior facilidade que as treliças comuns.

armada. A população carente do município trabalhou em mutirão com a equipe composta por Lelé na construção de escolas (Fig. 1.10), galpões e pontes, combinando painéis de argamassa-armada com estruturas de madeira e coberturas de fibrocimento. O tipo de solução adotada nas escolas lembra a Escola Corona, de Richard Neutra (1892-1970), de 1935. Assim como Neutra, Lelé utiliza uma estrutura leve em madeira e salas de aula com grandes painéis móveis que possibilitam a integração entre exterior e exterior, e, inclusive, que as aulas sejam dadas ao ar livre. Segundo Lelé *"a experiência de Abadiânia foi de extrema importância para a avaliação do potencial da argamassa armada na produção de componentes mais sofisticados para a execução de edifícios."* (in: Latorraca, 2000, p.137). Nesse período, o recém-eleito governador do Rio de Janeiro, Leonel Brizola, visitou Abadiânia a convite do vice Darcy Ribeiro que convidara Lelé a trabalhar na capital fluminense. A partir de um protótipo para escolas transitórias desenvolvido em Goiás, Lelé passa a desenvolver projetos para a Fábrica de Escolas do Rio.



Fig. 1.10. Escola em Abadiânia.

A Fábrica de Escolas do Rio foi criada para paralelamente aos Centros Integrados de Educação Pública (CIEP's), idealizado por Darcy Ribeiro. Os CIEP'S eram voltados à educação em período integral. Seus edifícios foram projetados por Niemeyer; possuíam três pavimentos e ocupavam grandes lotes, de 5 a 10.000 m<sup>2</sup>. As escolas projetadas por Lelé para a Fábrica eram uma alternativa aos CIEP's em áreas de difícil acesso, geralmente mais precárias, onde somente se encontravam lotes menores. Os edifícios eram térreos com programa pedagógico diferente dos CIEP's. Além de escolas de ensino fundamental foram construídas unidades chamadas Casa da Criança, voltadas ao cuidado integral de crianças entre 4 e 6 anos.

Entre 1984 e 1986, a Fábrica de Escolas foi responsável pela construção de mais de 200 escolas no Estado do Rio de Janeiro. Por se tratar de um número expressivo de edifícios construídos nas mais diversas condições de relevo e acessibilidade, a Fábrica de Escolas produziu 80 tipos de componentes (Guimarães, 2003, p.142) para atender a diferentes exigências de implantação. As coberturas das escolas podiam ser planas, com *sheds* ou até mesmo utilizadas como terraço. A Fábrica aproveitou também a tecnologia desenvolvida em Abadiânia e na RENURB, produzindo tanto peças estruturais e

de vedação como componentes para drenagem, contenção e equipamentos urbanos (abrigos, canais, pontilhões)<sup>7</sup>.

A partir da idéia do antropólogo Roberto Pinho, em 1985 é implantada a Fábrica de Equipamentos Comunitários de Salvador (FAEC). Segundo Lelé (Latorraca, 2000, p.154) a experiência na FAEC foi a *"mais rica e frutífera de todas"*, sendo precursora dos CIAC's (Centros Integrados de Ensino) e do CTRS. A partir da FAEC foram produzidas passarelas, escolas, creches, centros comunitários e peças de mobiliário urbano para toda a Bahia. A FAEC foi também responsável pela recuperação de parte do centro histórico de Salvador. Através da parceria com Lina Bo Bardi foram criadas peças plissadas em argamassa armada utilizadas na construção de muros de contenção e novas edificações – uma costura urbana.

Foi também a partir da FAEC, num convênio com a Associação das Pioneiras Sociais, que surgiu o hospital Sarah de Salvador (Figs. 1.11 e 1.12), que mais tarde daria início ao Centro de Tecnologia da Rede Sarah. Antes da criação do CTRS, no entanto, Lelé ainda passaria pela experiência frustrada dos CIAC's (Centros Integrados de Ensino); um *"desdobramento"* dos CIEP's (Lelé in: Latorraca, 2000, p. 187). Os CIAC'S foram produzidos a partir de 1991, durante o Governo de Fernando Collor de Mello. O projeto destinado à produção de 5.000 escolas em todo o país desenvolveu um grande número de diferentes componentes (mais de 200 tipos) para a construção das unidades em diversas situações topográficas, geográficas e climáticas. *"Infelizmente, por problemas de natureza política e pela própria instabilidade do governo (...) a maioria desses técnicos (envolvidos com o projeto dos CIAC'S) se afastou do programa logo no início de sua implantação. Assim, a participação da equipe técnica da FAEC nessa experiência se limitou à execução de dois protótipos e da elaboração dos projetos, que foram posteriormente modificados, descaracterizando inclusive a concepção básica."* (Lelé in: Latorraca, 2000, p. 187).



Figs. 1.11 e 1.12. Sistema de ventilação e vista aérea Sarah Salvador.

No final dos anos oitenta, durante o governo do presidente José Sarney, já com experiência na industrialização da argamassa-armada e com dois

<sup>7</sup> Ver ilustrações dos tipos de peças em Latorraca, 2000, p. 98-108; 137-153.



hospitais Sarah construídos (Brasília e Salvador), Lelé é chamado pelo médico Aloysio Campos da Paz Jr. para projetar novas unidades hospitalares da Rede Sarah. A proposta foi criar um centro de industrialização de componentes para a construção e manutenção de hospitais em diversas cidades do país. O Centro de Tecnologia da Rede Sarah foi construído em Salvador, a poucos metros do hospital existente, utilizando inclusive peças e fôrmas remanescentes de sua construção.

A partir dos componentes industrializados produzidos no CTRS foram construídos mais de vinte edifícios<sup>8</sup>.

### **1.1.2. Definição do *Corpus***

Observa-se em toda a obra de Lelé a recorrência de uma série de elementos de sua linguagem arquitetônica. Tanto em soluções convencionais como nas pré-fabricadas, Lelé emprega a repetição de elementos como aberturas e *sheds*, seja nas vigas tipo *Vierendeel* do Sarah Brasília, nas coberturas dos edifícios da Rede Sarah, e das lojas Disbrave e Planalto, nas fachadas do Centro Administrativo da Bahia ou do Hospital de Taguatinga. A adoção de formas curvas faz-se presente tanto nas soluções artesanais como a do convento de Brotas, como em alvenaria-armada, na pré-moldagem do Sarah Brasília, em ferro-cimento, ou nos hospitais produzidos pelo CTRS, em aço. Na organização dos espaços predominam soluções horizontais configurando pátios e terraços como transições entre interior e exterior, nas escolas de Abadiânia, em residências como a de Nivaldo Borges ou nos CIEP's.

O modo como o arquiteto manipula as formas compondo volumes, a articulação de materiais e componentes pré-moldados ou pré-fabricados, a organização das plantas de modo a favorecer o conforto térmico e a continuidade visual dos espaços, constituem padrões que denotam o estilo de Lelé. Tais padrões podem ser mais facilmente descritos ao se analisar projetos destinados a um mesmo programa, como os hospitais, por exemplo. Os hospitais da Rede Sarah, possuem características únicas representadas pela industrialização de todos os componentes construtivos, pela complexidade dos programas, a diversificação de terrenos, dimensões e contextos locais. Esses fatores fazem com que os hospitais da Rede Sarah sejam objeto de interesse à descrição de uma linguagem que, apesar de constituída de um vocabulário um

---

<sup>8</sup> Hospital Sarah Fortaleza; Hospital Sarah Belo Horizonte; Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico em Brasília; Hospital Sarah Recife; Tribunal de Contas da União da Bahia; Almoxarifado da Associação das Pioneiras Sociais em Brasília; Tribunal de Contas da União do Rio Grande do Norte; Posto Fiscal Rodoviário do Maranhão; Basílica de São José do Ribamar; Tribunal Regional Eleitoral da Bahia; Escola de Aperfeiçoamento do TCU em Brasília; Prefeituras de Municípios do Maranhão e Amapá; Tribunal de Contas da União do Piauí; Tribunal de Contas da União do Mato Grosso; Tribunal de Contas da União de Minas Gerais; Tribunal de Contas da União de Sergipe; Tribunal de Contas da União de Alagoas; Tribunal de Contas da União do Espírito Santo; Centro de Reabilitação Infantil do Rio de Janeiro; Unidade Avançada do Aparelho Locomotor em Macapá; Vale dos Rios de Ribeirão Preto; Base de Apoio de Equipamentos Comunitários de Ribeirão Preto; Unidade Avançada do Aparelho Locomotor em Belém; Hospital Sarah Rio de Janeiro.

tanto restrito, é capaz de gerar soluções bastante complexas e diversificadas. O *corpus* de análise, portanto, é composto pelos seguintes edifícios:

1. Hospital Sarah Salvador, 1991-1994;
2. Hospital Sarah Fortaleza, 1991-2001;
3. Hospital Sarah Belo Horizonte, 1993-1997;
4. Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico em Brasília, 1994-2006;
5. Hospital Sarah Natal, 1996, não construído;
6. Centro de Reabilitação Infantil do Rio de Janeiro, 2001-2002.

Nos trabalhos de Mayer (2003) e Weber (2005), as formas de edifícios de Oscar Niemeyer e Vilanova Artigas (1915-1985), respectivamente, são analisadas de modo a descrever linguagens características desses arquitetos. Nos hospitais de Lelé para a Rede Sarah, no entanto, o aspecto comum da amostra não se limita à autoria do arquiteto ou a aspectos formais dos edifícios, mas também ao programa hospitalar e ao sistema construtivo industrializado. Forma, espaço e componentes construtivos são, portanto, aspectos independentes que podem ser manipulados pelo arquiteto de modo a reforçar a identidade de sua arquitetura.

## 1. Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Salvador, Bahia, 1991-1994



Fig.1.13 - vista aérea do hospital.

O hospital situa-se sobre um platô próximo a uma área de mata atlântica. De predominância horizontal, distribui-se em duas grandes plataformas paralelas instaladas sobre um embasamento com galerias de ventilação. A plataforma superior é destinada ao ambulatório, centro cirúrgico, enfermarias, fisioterapia e hidroterapia, centro de estudos e residência médica. A plataforma inferior é destinada aos setores de infra-estrutura e serviços. Um volume menor, isolado, abriga a escola para crianças excepcionais. Os setores do hospital são intercalados por terraços ajardinados.



Fig.1.14 - tomadas de ar das galerias no arrimo.



Fig.1.15 - centro de apoio à criança com paralisia cerebral.



Fig.1.16 - área transição.



Fig.1.17 - portaria.



Fig.1.18 - residência médica em primeiro plano.

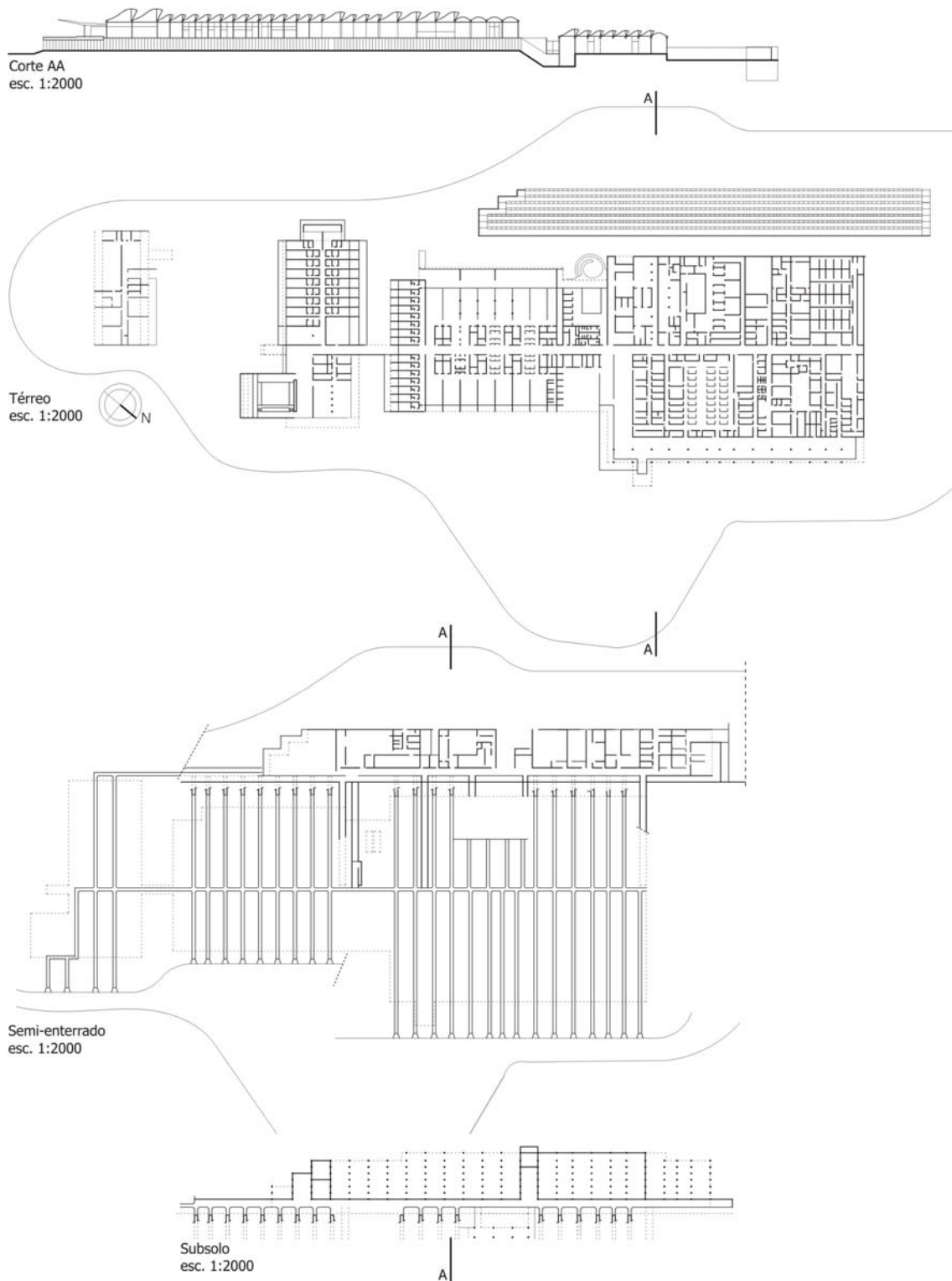


Fig.1.19 - painéis de Athos Bulcão.



Fig.1.20 - foto de satélite.

# 1.Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Salvador, Bahia, 1991-1994



## 2. Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Fortaleza, Ceará, 1991-2001



Fig.1.21 - vista aérea do hospital.



Fig.1.27 - foto de satélite.

Diferentemente do Sarah Salvador, em Fortaleza adotou-se uma solução mais compacta, com um grande bloco horizontal e outro vertical, ocupando menos o solo e visando à preservação de uma área arborizada que corresponde a mais de 1/3 do terreno, reservada à terapia dos pacientes. O bloco vertical possui sete pavimentos destinados à internação; sendo os três primeiros destinados a serviços técnicos e administrativos e os quatro superiores às enfermarias e apartamentos. O bloco horizontal possui dois níveis; o térreo comporta ambulatório, centro de estudos e serviços técnicos em geral; o nível inferior corresponde aos serviços gerais e de abastecimento. Em meio à área arborizada há ainda dois blocos isolados: uma escola para crianças excepcionais e a residência médica.



Fig.1.22 - solários e pátio coberto.



Fig.1.23 - piscina para hidroterapia.



Fig.1.24 - jardim de ambientação.



Fig.1.25 - vista do setor de serviços e solários.



Fig.1.26 - residência médica.



Fig.1.28 - enfermarias.

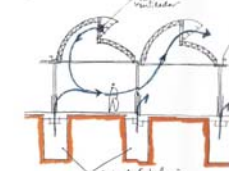
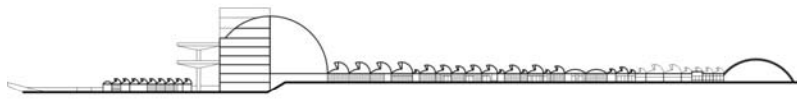
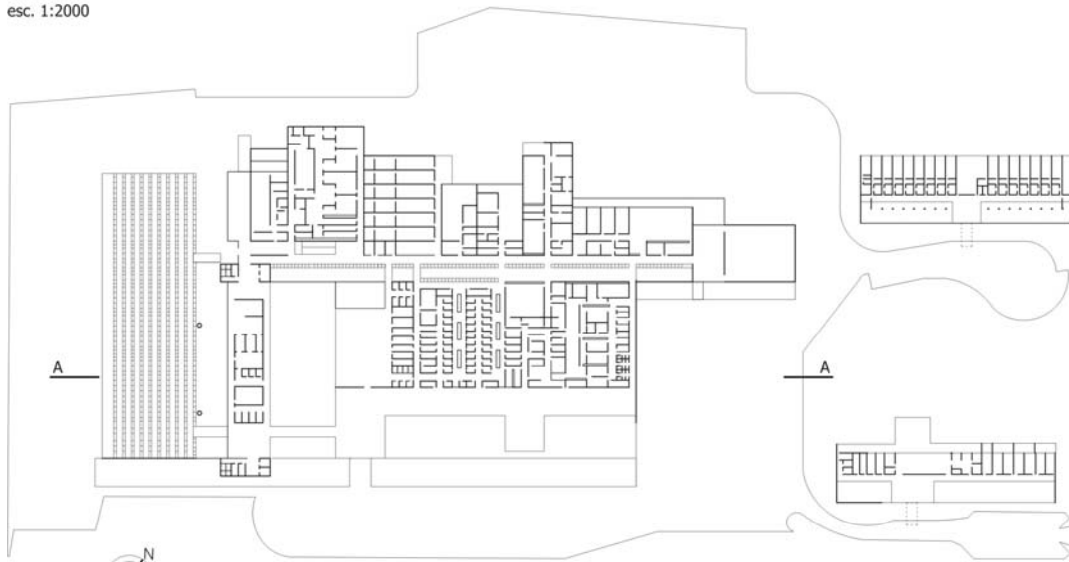


Fig.1.29 - ventilação.

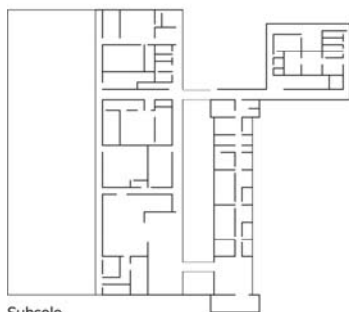
## 2.Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Fortaleza, Ceará, 1991-2001



Corte AA  
esc. 1:2000



Térreo  
esc. 1:2000



Subsolo  
esc. 1:2000



### 3. Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Belo Horizonte, Minas Gerais, 1993-1997



Fig.1.30 - vista aérea do hospital.

Este projeto é um caso particular em que um antigo hospital foi modificado a fim de se adaptar aos padrões de funcionamento estabelecidos pela Rede Sarah. Do conjunto original de edifícios (da década de 50) foi mantido apenas um bloco de quatro pavimentos destinado aos setores de internação (enfermarias e apartamentos). Este bloco obedece parcialmente a uma proposta de Oscar Niemeyer. Foi totalmente recuperado e adaptado às novas funções do hospital do aparelho locomotor. Para a solução dos solários, adjacentes a este bloco, foram criadas grandes plataformas octogonais em concreto apoiadas em pilar único central. Os dois novos blocos são contíguos ao original e foram construídos com a tecnologia industrializada do CTRS. O menor deles possui um único nível e abriga escola e setores de fisioterapia e hidroterapia. O bloco maior possui três níveis: o superior abriga o ambulatório e possui acesso independente, o nível intermediário abriga os centros cirúrgico e de estudos e possui um acesso pelo nível mais baixo do terreno. No subsolo ficam vestiário e serviços. Todos os blocos se conectam através da circulação vertical do bloco antigo.



Fig.1.31 - auditório com painel de Athos Bulcão.



Fig.1.32 - jardim das salas de espera.



Fig.1.33 - solários das enfermarias.

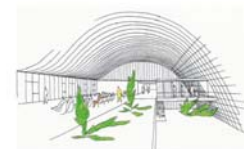
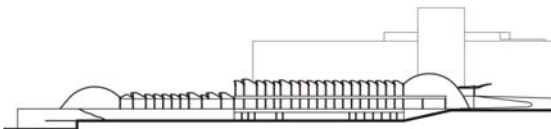
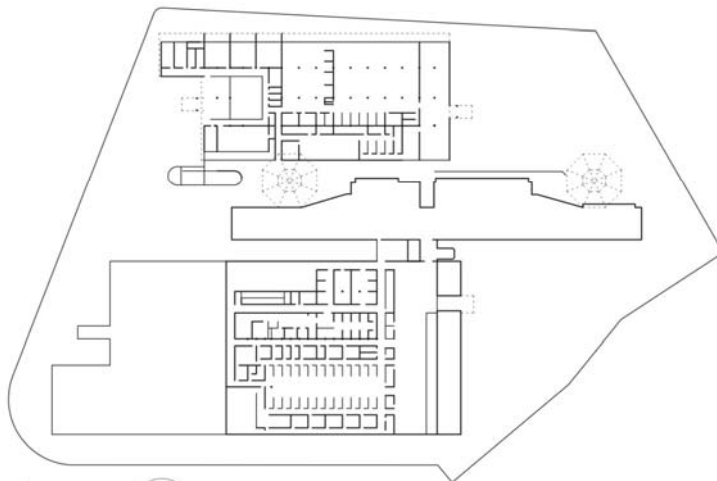


Fig.1.34 - sala de espera.

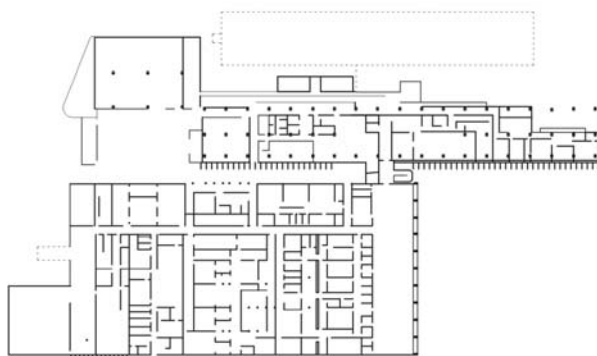
### 3. Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Belo Horizonte, Minas Gerais, 1993-1997



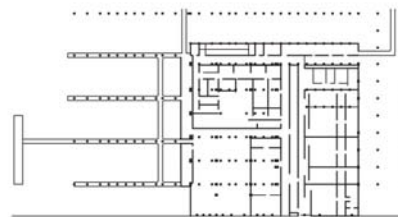
Elevação  
esc. 1:2000



Térreo  
esc. 1:2000



Planta Baixa Nível 3800  
esc. 1:2000



Planta Baixa Nível 7400  
esc. 1:2000



Fig.1.35 -acesso ao ambulatório.

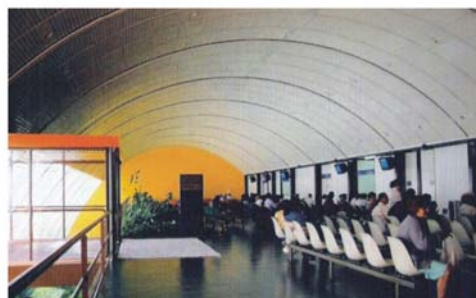


Fig.1.36 - sala de espera do ambulatório.



#### 4. Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico - Sarah Brasília Lago Norte, Distrito Federal, 1994-2006



Fig.1.37 - maquete do hospital.

É uma unidade complementar ao Sarah Brasília construído em 1980 que, por ser concebido como hospital urbano, não dispõe de áreas verdes que permitam o desenvolvimento de técnicas adequadas ao tratamento dos pacientes. O conjunto, que destina-se ao tratamento de pacientes ao ar livre, é composto por blocos térreos integrados a jardins distribuídos em uma grande área em declive às margens do Lago Paranoá. O bloco maior, próximo ao lago, possui setores de ambulatório, internação, terapias, lazer e serviços. O bloco intermediário, na parte alta do terreno, possui residência médica e centro de estudos. Um terceiro bloco, circular, abriga a escola para crianças excepcionais. Anexo ao ginásio de fisioterapia, uma cobertura em arco se estende sobre o lago para o desenvolvimento de esportes náuticos.



Fig.1.42 - foto de satélite.



Fig.1.38 - cais e ginásio vistos a partir do lago.



Fig.1.39 - escola de excepcionais.



Fig.1.40 - montagem da estrutura.



Fig.1.43 - escola de excepcionais.

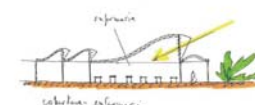


Fig.1.44 - enfermaria.



Fig.1.41 - vista geral a partir do lago.

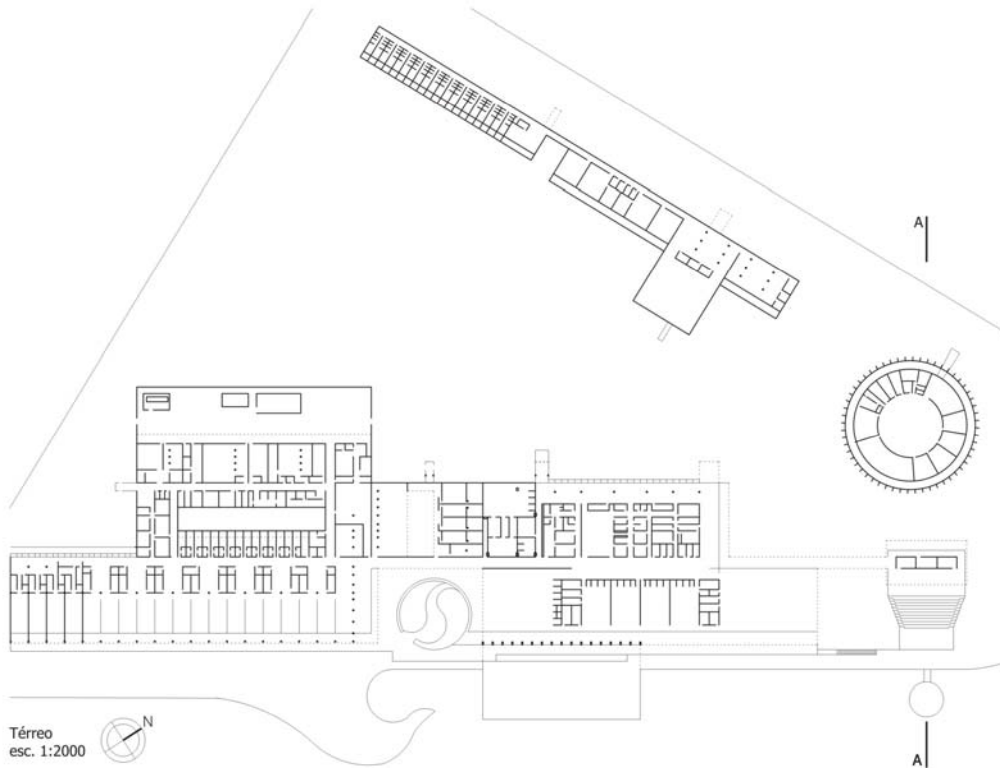


Fig.1.45 - cais.

#### 4. Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico - Sarah Brasília Lago Norte, Distrito Federal, 1994-2006



Corte AA  
esc. 1:2000



## 5. Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Natal, Rio Grande do Norte, 1996-não construído



Fig.1.46 - maquete do hospital.

O projeto distribui-se em dois terrenos separados: um à beira-mar (que não faz parte da análise), destinado a terapias ao ar-livre e outro a 3km de distância, que corresponde à área hospitalar. O hospital assemelha-se ao Sarah Salvador. Também distribui-se em duas plataformas em desnível apoiadas sobre galerias de ventilação. O nível mais alto corresponde aos setores de ambulatório, cirurgia e internação. O nível mais baixo abriga centro de estudos, residência médica e setor de serviços.

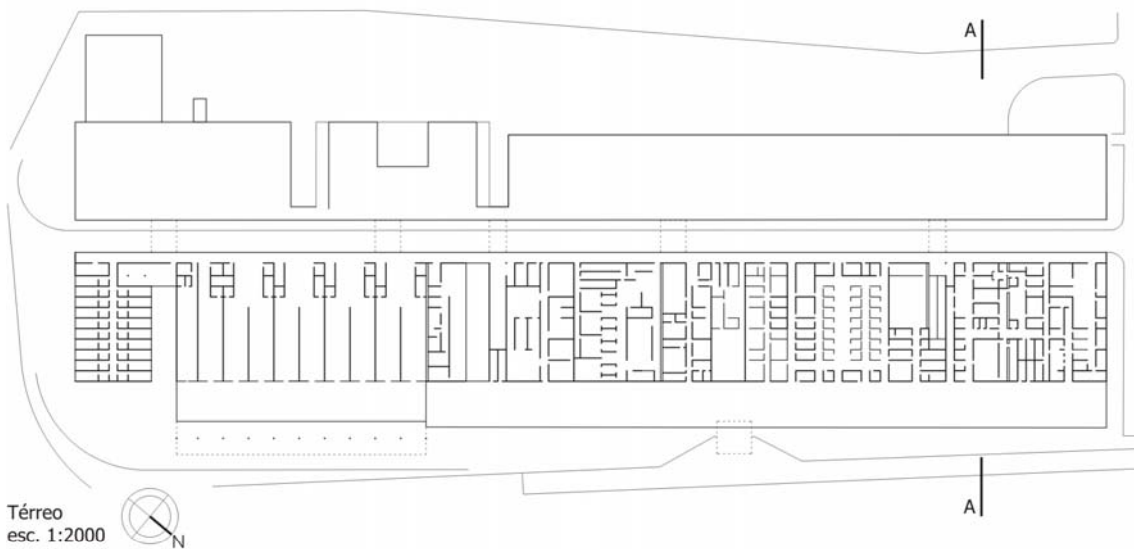


Fig.1.47 - maquete do hospital.

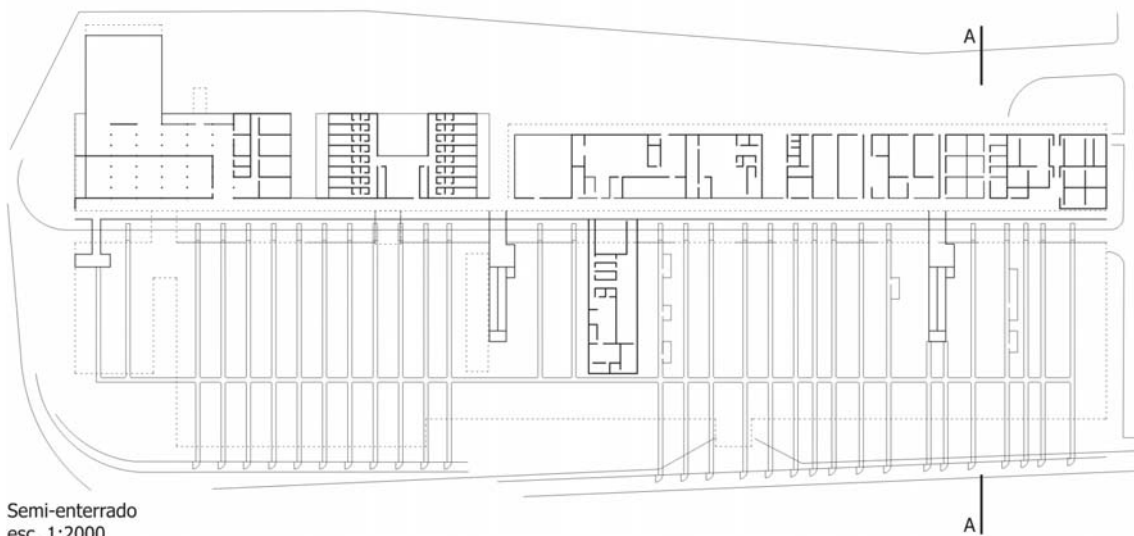
### 5. Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek Natal, Rio Grande do Norte, 1996-não construído



Corte AA  
esc. 1:2000



Térreo  
esc. 1:2000



Semi-enterrado  
esc. 1:2000

## 6. Centro de Reabilitação Infantil Sarah Rio (Ilha da Pombeba), Rio de Janeiro, 2001-2002



Fig.1.48 - vista a partir do acesso do ambulatório.

Mais compacto também é distribuído em apenas um nível. A unidade destina-se a terapias de reabilitação. Assim como em Brasília, fica à beira d'água, instalado numa península sobre a Lagoa de Jacarepaguá. O programa inclui ambulatório, serviços, hidroterapia e fisioterapia, além de uma garagem de barcos e área verde para lazer. Os ambientes integram-se a terraços ajardinados. Um eixo comum de circulação interliga quatro setores: administração e ambulatório; atividades esportivas; serviços e setor de fisioterapia e hidroterapia.



Fig.1.53 - foto de satélite.



Fig.1.49 - painéis de Atheros Bulcão e sheds.



Fig.1.50 - sala de espera da fisioterapia.



Fig.1.51 - vista dos fundos do hospital.

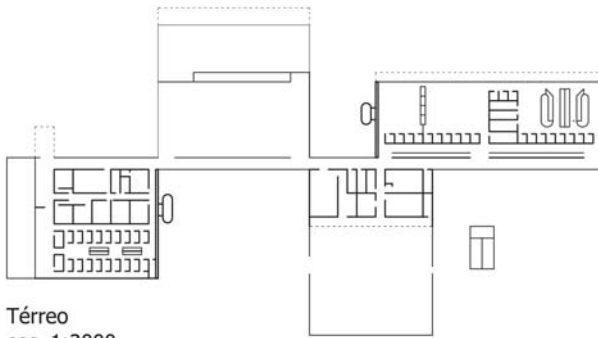


Fig.1.52 - fachada principal.

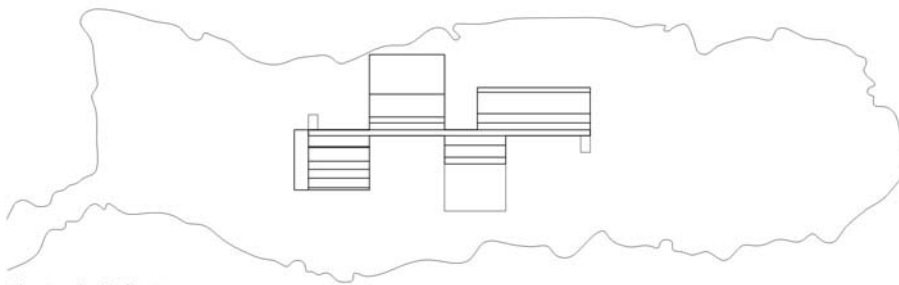
## 6. Centro de Reabilitação Infantil Sarah Rio (Ilha da Pombeba), Rio de Janeiro, 2001-2002



Cortes  
esc. 1:2000



Térreo  
esc. 1:2000



Planta de Cobertura  
esc. 1:2000

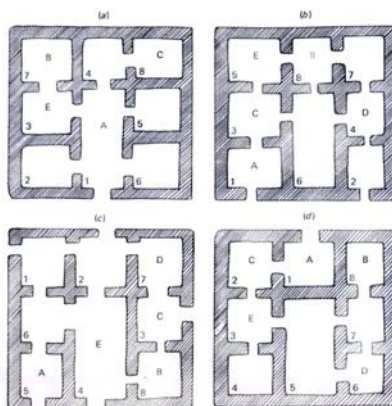
## 1.2. Métodos

### 1.2.1. Sintaxe Espacial

Edifícios aparentemente semelhantes, sob o ponto de vista da linguagem plástica adotada, podem apresentar articulações espaciais totalmente distintas. A leitura desta lógica parte da descrição das relações de **permeabilidade** (contigüidade com conexão) isto é, como são articuladas as relações de permeabilidade entre os espaços de cada edifício (Fig.1.53). A comparação de um conjunto de edifícios, no que diz respeito à articulação entre seus espaços deverá, obrigatoriamente, descrever a estrutura lógica das relações de permeabilidade entre os espaços de cada edifício do conjunto.

Tais relações geram hierarquias espaciais que acabam por determinar um forte potencial de interface entre os ocupantes destes edifícios. O modelo Sintaxe Espacial (*Space Syntax*), formulado por Hillier & Hanson (1984) considera a configuração espacial como um dos agentes responsáveis pelo modo como as pessoas se apropriam dos espaços (Hillier, 1987, p.363). Ao identificar padrões de hierarquia dos espaços, descrevendo o modo como se articulam possíveis percursos e relações entre grupos de usuários (pacientes e funcionários) verifica-se como o movimento de pessoas é influenciado especificamente, por atributos relacionados à configuração espacial e à distribuição dos usos” (Rosenberger, 2002, p.15).

Hierarquias espaciais acabam por constituir, a exemplo dos padrões de linguagem, verdadeiros grupos ou padrões de tipos de interface entre usuários dos edifícios (quer sejam habitantes ou visitantes). Hillier (1993, p.18) chama esses padrões de articulação de genótipos<sup>9</sup>, uma vez que não se referem às aparências superficiais, mas sim às conhecidas estruturas profundas da organização espacial. Cada novo edifício pertencente a um destes padrões é considerado então um novo fenótipo de um genótipo conhecido.



<sup>9</sup> Em referência aos termos utilizados pela Genética. O genótipo corresponde à estrutura de genes de um indivíduo; sua identidade. Contém as informações que, pela relação com o meio, condicionam o fenótipo. Este por sua vez, consiste na constituição do indivíduo; sua aparência.

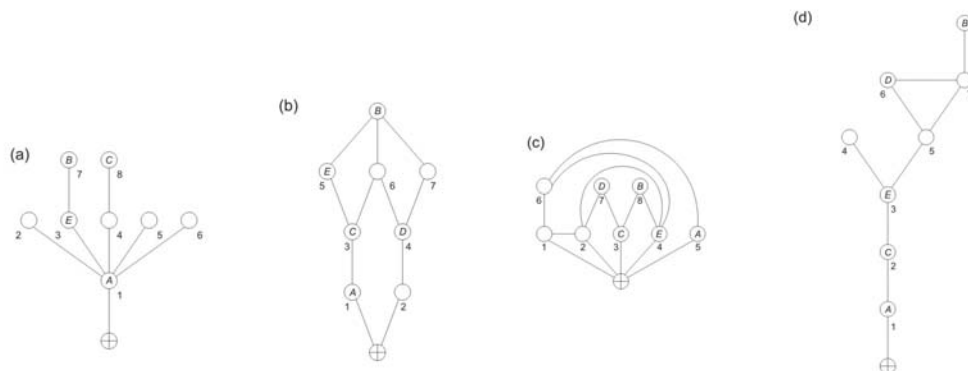


Fig.1.53 Grafos (dir.) mostram diferentes relações espaciais em plantas com mesmo formato.

A primeira etapa de análise dos hospitais de Lelé visa a descrever, através da aplicação da Sintaxe Espacial, a hierarquia dos espaços e percursos potenciais nos edifícios, bem como a identificar padrões espaciais comparando-os às diferentes condições de terreno, dimensões de programa e desenhos e relações de plantas. Esta etapa procura identificar nas configurações espaciais o(s) genótipo(s) dos hospitais de Lelé relacionando-o(s) às diferentes soluções formais (fenótipos), verificando a consistência de uma hierarquia dos espaços nas obras, o modo como essa hierarquia se repete e os fatores responsáveis pelas diferenças.

A modelagem pela Sintaxe servirá também para inferir a possível influência da configuração do terreno e do formato das plantas em relação à hierarquia dos espaços, analisando-se os graus de condicionamento destes fatores sobre o movimento de visitantes, pacientes e funcionários nos hospitais de Lelé. A correlação entre os resultados da análise sintática e os fatores relacionados ao terreno e condicionantes ambientais servirão de *proxy* para avaliar o grau de consistência do genótipo dos edifícios de Lelé em contraposição às possíveis diferenças de articulação espacial provocadas pelas idiossincrasias locais originadas no terreno em que a obra é construída

## O Modelo Sintático

A Sintaxe Espacial é aplicada sobre representações gráficas bidimensionais da extensão dos espaços, sejam eles abertos ou fechados. As análises são realizadas reduzindo-se os espaços abertos e fechados ao menor número possível de figuras convexas, num mapa de **convexidade**. Espaços abertos e fechados (edifícios) também podem ser representados pelo menor número de eixos capazes de cobrir um percurso numa única direção, sem interrupções. A esse conjunto de eixos dá-se o nome de mapa de **axialidade**. A axialidade possibilita a análise dinâmica dos espaços, ou seja, dos percursos em potencial. A partir da convexidade e da axialidade são elaborados os cálculos sintáticos. Nessa pesquisa serão calculadas as variáveis de **integração** e **profundidade**. A **integração** é a medida que quantifica um maior ou menor potencial de acessibilidade de um espaço em relação a todos os outros espaços de um dado



sistema, ou seja, quais espaços podem ser mais integrados (com maior acessibilidade) e quais podem ser mais segregados (com menor acessibilidade). “Se as diferenças numéricas nas funções estão numa ordem consistente em uma amostra, então podemos dizer que um padrão cultural existe que pode ser detectado nas coisas, e não somente na maneira que é interpretado nas mentes” (Hillier et al, 1987, p.364), ou seja, as medidas de integração podem identificar padrões de configuração em diferentes sistemas.

A **profundidade** calcula a distância de um espaço ou de uma linha  $a$ , a partir de um determinado espaço ou linha  $b$ , levando em consideração sempre o menor percurso entre as duas extremidades. O número de espaços ou linhas entre extremidades corresponde ao número de **passos topológicos** deste percurso, ou seja, quantas vezes se muda de direção num percurso. Quanto mais passos topológicos, mais profundo é um percurso ou sistema. O contrário denota um percurso ou sistema raso. O número de passos topológicos necessários até um determinado espaço do sistema pode determinar seu nível de acessibilidade.

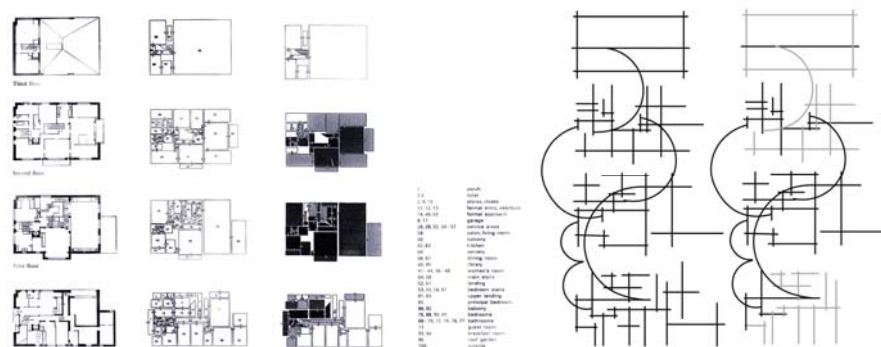


Fig.1.54 Análise da casa Müller, de Adolf Loos, por Hanson (1994). As plantas são transformadas em espaços convexos. Em seguida calcula-se a integração desses espaços. Por último, é desenhada a axialidade sobre os espaços conexos e calculada sua integração.

## Método empregado para a Análise da Articulação Espacial

Campos (1997, p.142-144), descreve a organização básica hospitalar identificando os seguintes setores: ambulatório, destina-se à assistência de pacientes externos para diagnóstico e tratamento. O setor de internação é o conjunto de elementos destinados à acomodação do paciente internado. Centro cirúrgico é o conjunto de elementos destinados às atividades cirúrgicas e à recuperação pós-anestésica e pós-operatória imediata. Central de materiais é o conjunto de elementos destinados ao expurgo, preparo e esterilização, guarda e distribuição do material para as unidades do hospital. O setor de infraestrutura (serviços) consiste no conjunto de elementos onde se realizam serviços que suprem roupa, alimentação, transporte, energia elétrica, vapor e o material necessário ao funcionamento do hospital. Compreende os seguintes serviços: alimentação, lavanderia, material, limpeza, oficinas de manutenção, conservação e reparos, central de vapor, vestiários, garagem, necrotério e outros. O setor administrativo é o conjunto de elementos onde está localizada a

maioria dos serviços destinados às atividades administrativas do hospital, compreendendo, basicamente: recursos humanos, contabilidade, comunicações, transportes, matrícula e registro de pacientes.

A descrição de Campos foi empregada como base à identificação dos setores funcionais. Os hospitais do Aparelho Locomotor da Rede Sarah, no entanto, possuem algumas especificidades, contando com setores normalmente não encontrados em outros tipos de hospitais como centro de estudos, escola para crianças excepcionais, área esportiva e centros de fisioterapia e hidroterapia.

Inicialmente, a análise aborda a relação entre as **partes** das plantas e o **todo** e consiste nas seguintes etapas:

**1.** Análise da relação da configuração geral do **edifício**, buscando identificar os diferentes níveis de plantas (térreo, subsolo e demais pavimentos).

**2.** Identificação das **unidades funcionais** de cada hospital, isto é, dos conjuntos de espaços unitários destinados ao desempenho de uma mesma função, através da atribuição de uma legenda constituída de uma sigla e uma cor. Por exemplo: unidades que compõem o ambulatório (AM, cor verde lua), unidade do auditório (AU, cor vermelho verdadeiro). Uma vez identificadas as unidades funcionais, pode-se definir a partir de quais serão feitos os cálculos da etapa seguinte.

**3.** Análise das plantas dos hospitais segundo os paradigmas de axialidade e convexidade empregando o software *Mindwalk* (Figueiredo, 2005).

**3.1.** Sobre os mapas de convexidade são quantificadas as variáveis de integração e profundidade. A variável de integração é calculada em relação a todas as plantas que compõem um hospital (**integração global**). A variável de profundidade é calculada a partir do hall do ambulatório, em virtude de esse ser o único espaço de acesso público não controlado, a partir do qual se distribuem os percursos de cada edifício. A partir do hall do ambulatório os espaços passam a ter acesso controlado.

**3.2.** Os mapas de axialidade consideram apenas os principais corredores dos hospitais, que fazem a ligação entre os diversos setores que compõem os sistemas. Sobre a axialidade são feitos cálculos de integração global, revelando a hierarquia dessas circulações.

Após a análise da relação entre as partes e o todo, é feita a análise da relação das **partes** entre si, através da decomposição das plantas.

A análise é feita nas seguintes etapas:

**4.** Identificação de possíveis **eixos ordenadores**, visando a encontrar diretrizes de articulação dos espaços.

**5.** Identificação, através de cores, dos **setores funcionais** definidos pela **proximidade** de unidades funcionais, normalmente com usos afins.

**6.** Análise do **posicionamento** dos setores ao longo do eixo ordenador, identificando, pela simplificação dos setores a quadrados, o modo como cada setor se relaciona com o eixo ordenador.

**6.1.** Identificação de **padrões** de posicionamento que sintetizem os tipos de relação setor/eixo encontrados na análise.

**7.** Identificação das relações de **adjacência** e **permeabilidade** entre as **unidades funcionais** através da simplificação das mesmas a quadrados com marcações de adjacência (barras paralelas aos lados dos quadrados) e permeabilidade (barras transversais aos lados dos quadrados). As análises são feitas por setores.

**8.** Análise da **proporção** entre as **áreas** das unidades funcionais dos hospitais, identificando padrões de dimensionamento e proporção a partir das médias aritméticas e de princípios estatísticos como desvio padrão e coeficiente de variação, cuja compreensão torna necessária a descrição de alguns conceitos:

**a)** População: É o conjunto formado por todos os elementos que possuem uma característica comum, no caso, os seis hospitais que compõem a amostra.

**b)** Variável: É um símbolo ( $x, y, z, \dots$ ) que pode ser substituído por qualquer elemento de um conjunto dado, chamado universo dessa variável. São elementos observáveis e/ou quantificáveis, nesta análise correspondem às áreas dos hospitais. A área é uma variável do tipo contínua, uma vez que depende da precisão do instrumento de medida, refletindo uma aproximação do verdadeiro. A série estatística ou conjunto das variáveis é uma série de elementos não-grupados.

**c)** Dados não-grupados: É uma série estatística não distribuída por períodos, também chamada de série simples.

**d)** Média aritmética ( $\mu$ ): É uma medida de tendência central que representará os elementos de um conjunto, sendo estes numéricos. Média de dados não-grupados (série simples).

**e)** Medidas de Variabilidade: São medidas representativas da concentração dos elementos de uma população ao redor da média. Tais medidas são: variância absoluta, desvio padrão, variância relativa, coeficiente de variabilidade e amplitude total.

Variância absoluta: É uma medida estatística que verifica a dispersão dos dados em torno da média aritmética, sendo a sua unidade de medida igual à unidade de medida dos dados, elevada ao quadrado. É uma medida teórica, mas não-conclusiva.

Desvio padrão ( $\sigma$ ): Define-se como a raiz quadrada da variância. É um número não negativo com as mesmas unidades de medida que os dados em questão.

Coeficiente de variação ( $\gamma$ ): É uma medida de dispersão que se presta para a comparação de distribuições diferentes. Seu cálculo é feito dividindo o desvio-padrão pela média. Seu resultado é um percentual (%). Comparando o resultado de duas séries, diz-se que quanto menor o coeficiente de variação, mais homogênea é a série.

**9.** Análise, por meio de medições, da **coordenação modular**, identificando diretrizes de geração das plantas-baixas.

### 1.2.2. Gramáticas de Formas

Estudos sobre Gramáticas de Formas (*Shape Grammars*) abordaram inicialmente obras de arte (Stiny & Gips, 1971) antes que o primeiro exercício analítico em arquitetura fosse realizado por Stiny em 1977, tendo como caso gradis de madeira chineses.

As Gramáticas apóiam-se nos conceitos de **forma**, **vocabulário**, **regra** e **estrutura**.

As **formas** são compostas por pontos, linhas, planos e volumes. Podem ser bidimensionais ou tridimensionais. São figuras como polígonos e poliedros.

O **vocabulário** é o elenco de formas extraído de uma determinada amostra depois que esta é decomposta. Ao vocabulário de formas são aplicadas as regras de composição.

As **regras** definem a **relação espacial** entre as formas do vocabulário. Consistem na aplicação de operações *booleanas* (adição, subtração e intersecção), ou transformações euclidianas (isométricas) como rotação, translação, espelhamento e mudança de escala. Elas definem o modo como elementos do vocabulário de uma edificação são combinados (Colakoglu, 2002) ou transformados.

A **estrutura** é resultado da aplicação das regras sobre as formas do vocabulário. Cada regra gera uma estrutura distinta. A semelhança entre estruturas pode caracterizar um estilo, por exemplo.

O emprego dessa forma de análise na arquitetura consiste em decompor os edifícios da amostra segundo critérios pré-estabelecidos, obtendo as formas primitivas e regras de combinação que são comuns a todos os edifícios. Ao final deve-se distinguir os princípios generativos (regras e vocabulário) capazes de gerar todos os edifícios estudados.

As regras de composição evidenciadas pelas gramáticas facilitam a expressão da idéia projetual e ampliam as possibilidades de criação através da interpretação e manipulação das mesmas. O trabalho de Duarte (2001) obteve sucesso nessas aplicações das Gramáticas. Seu potencial encontra campo tanto nas aplicações práticas quanto pedagógicas, auxiliando na composição arquitetônica e mesmo no estudo da evolução histórica de determinados estilos arquitetônicos e na criação de novos estilos com base nos previamente analisados.

De acordo com Stiny e Mitchell (1978) há três pontos importantes que qualificam uma gramática na análise de um estilo arquitetônico: (1) "ela deve tornar clara a semelhança de estrutura e aparência dos edifícios em questão"; (2) "deve suprir as convenções e critérios necessários para determinar se um outro edifício não pertencente à amostra original é uma instância do estilo"; (3) "deve fornecer os métodos de composição necessários para desenhar novos edifícios que sejam instâncias do estilo".

Estudos recentes realizados no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) têm utilizado as Gramáticas de Formas para analisar edifícios de determinados arquitetos, de modo a extrair suas regras compositivas e combiná-las entre si, formulando novas regras que permitam a criação de novos projetos satisfazendo um determinado programa pré-estabelecido. Além das Gramáticas de Formas tem-se combinado outras gramáticas, como as de cores (introduzidas no item 1.2.3.).

Segundo Knight (1999), em processos pedagógicos as gramáticas são geralmente utilizadas como ferramenta de projeto quando o mesmo, realizado de modo convencional, está estagnado em sua criação. Faz-se com que os estudantes analisem o que desenharam até tal ponto, extraindo regras de composição de uma determinada parte. Essas regras são então aplicadas à continuidade e desenvolvimento posterior do projeto.

Os estudos analíticos com Gramáticas de Formas podem ser realizados basicamente de duas maneiras: através da determinação de uma figura abstrata que atua como fronteira (continente) do espaço em questão, ou através da distinção de um núcleo ordenador.

O primeiro caso aplica-se a estruturas espaciais mais regulares, que possam inserir-se numa figura abstrata como uma grade, à qual vão se adicionando detalhes. Cada módulo que compõe a grade corresponde a um espaço do edifício analisado. Esses espaços são pré-dimensionados antes de se definir a grade. Estudos da arquitetura Palladiana (Mitchell *et al.*, 1978) e das casas de chá japonesas (Knight, 1981) são exemplos dessa forma de análise. Em alguns casos as gramáticas empregam subdivisões dentro dessas grades. Isso acontece quando projetos numa mesma linguagem possuem limites regulares, ou seja, estão contidos em uma forma básica que se repete em toda a amostra analisada. Estudos da Vila Malagueira de Álvaro Siza e dos desenhos

de encostos de cadeiras de George Hepplewhite (Knight, 1980) funcionam dessa maneira.

A análise gramatical através de núcleos ordenadores é aplicada às arquiteturas com limites irregulares, ou com a combinação de diversos tipos de limites, onde através de regras de adição os espaços são conformados entorno de uma peça chave. Os estudos das casas de pradaria de Frank Lloyd Wright (Koning & Eizenberg, 1981) (Fig. 1.55) e das casas estilo Rainha Anne (Flemming, 1987) são exemplos de gramáticas aditivas (Knight, 1999).

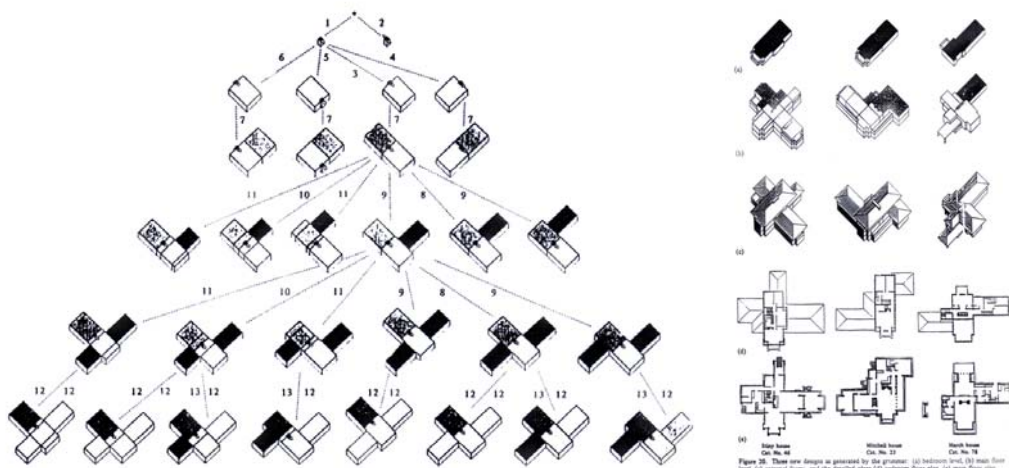


Fig.1.55 Gramática das *prairie houses*, por Koning *et al* (1981). À esquerda, exemplos de composição a partir de um vocabulário de blocos organizados entorno da lareira. À direita, três novas casas geradas a partir da síntese da gramática descrita.

Estudos recentes combinam as Gramáticas de Formas com outros modelos de análise. Um exemplo é o trabalho de Heitor *et al* (2003), onde a gramática do conjunto Malagueira é integrada à Sintaxe Espacial, investigando a estrutura espacial existente por trás da estrutura formal das unidades.

Neste trabalho as Gramáticas de Formas serão aplicadas visando a descrever o vocabulário e as regras que compõem a estrutural formal e espacial dos edifícios analisados, identificando uma linguagem que caracterize os hospitais da Rede Sarah. A análise da estrutura formal será limitada às coberturas dos edifícios, uma vez que estas constituem a volumetria dos mesmos. O volume, segundo Corbusier (1972, p.XIX), é o "elemento pelo qual nossos sentidos percebem e medem, sendo plenamente afetados". Do mesmo modo, os *sheds* de Lelé são uma maneira de conferir volume a uma arquitetura constituída, num primeiro momento, de um jogo restrito de planos pré-fabricados. O desenho das coberturas dos edifícios de Lelé é marca registrada de sua arquitetura para a Rede Sarah, sendo portanto objeto de análise pelas Gramáticas.

## Método de Análise da Composição da Forma das Coberturas

As formas curvas e detalhes coloridos das coberturas são os elementos mais característicos dos edifícios de Lelé para o CTRS. Essas coberturas são compostas por diversos tipos de elementos modulares. Seu emprego possibilita distintas seqüências de curvas que dão identidade a cada edifício. É, portanto, sobre as coberturas que será analisada a composição da forma. Embora este trabalho se concentre sobre os hospitais da Rede Sarah, as coberturas escolhidas para análise englobam também edifícios administrativos (TCU's, TRE, CTRS) produzidos pelo CTRS até 2001, de modo a desenvolver uma gramática de formas mais abrangente (figuras 1.56 à 1.72).

As coberturas são divididas em dois grupos: *sheds* e coberturas fechadas (presentes em todos os edifícios) e componentes acessórios (marquises independentes e cascas). É feita, suplementarmente, a separação do tipo de cobertura e sua ocorrência, divididas em parte superior (ou principal, pois está sempre presente) e parte inferior (ou secundária, pois nem sempre ocorre). A partir dessa divisão, são classificadas em tipos e subtipos, como segue:

### 1. Sheds e Coberturas Fechadas

**1.1.** Divisão em **tipos** de acordo com a parte superior do perfil do elemento:

**1.2.** Divisão em **subtipos** de acordo com a parte inferior do perfil do elemento:

**1.3.** Análise das características geométricas dos perfis dos elementos, buscando identificar o menor **vocabulário** de formas e o menor conjunto de **regras** de combinação e transformação desse vocabulário, capazes de gerar todos os elementos analisados.

**1.4.** Identificação do **processo generativo** das tipologias, descrevendo o processo de aplicação de regras ao vocabulário que geram a estrutura formal do perfil de cada elemento analisado.

### 2. Componentes Acessórios



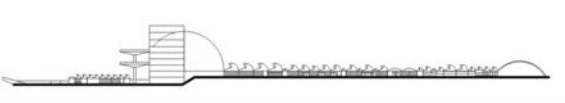



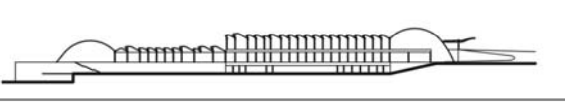

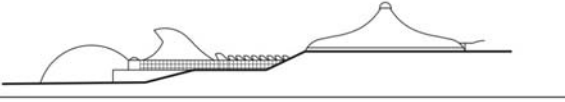





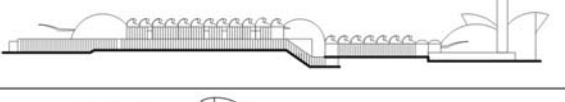

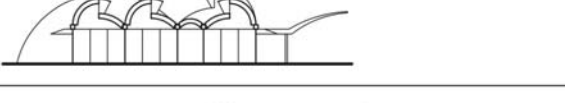
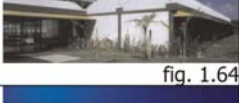


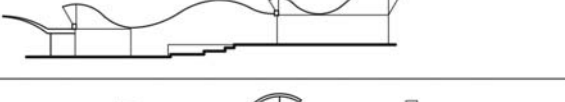

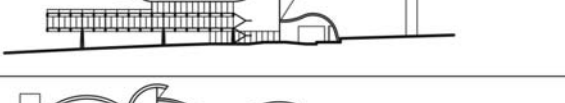



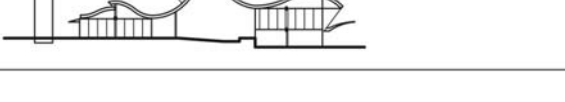





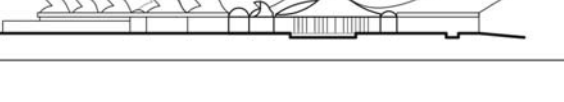

Divisão dos componentes acessórios (marquises independentes e cascas) em **tipos** de acordo com a combinação de sub-formas provenientes das coberturas anteriormente analisadas.

### 3. Identificação da Ocorrência das Formas na Amostra de Hospitais

Identificação da ocorrência dos tipos de perfis através da atribuição de um código para cada uma, de modo a compor uma seqüência de códigos passível de leitura como um genótipo das seções transversais dos hospitais. Esta forma de análise possibilita a quantificação da ocorrência de cada tipo de

perfil analisado bem como da combinação de tipos de perfis, identificando as principais operações e modulações empregadas na composição da volumetria dos hospitais.



Sarah Salvador, 1991		 fig. 1.56
Sarah Fortaleza, 1991		 fig. 1.57
CTRS, 1992		 fig. 1.58
Sarah Belo Horizonte, 1993		 fig. 1.59
Sarah Lago Norte, 1995		 fig. 1.60
Sarah Brasília Ampliação, 1995		 fig. 1.61
TCU Bahia, 1995		 fig. 1.62
Sarah Natal, 1996		 fig. 1.63
TCU Rio Grande do Norte, 1996		 fig. 1.64
TCU Escola, 1997		 fig. 1.65
TCU Sergipe, 1997		 fig. 1.66
TCU Minas Gerais, 1997		 fig. 1.67
TCU Piauí, 1997		 fig. 1.68
TCU Mato Grosso, 1997		 fig. 1.69
TRE Bahia, 1997		 fig. 1.70
TCU Espírito Santo, 1998		 fig. 1.71
Sarah Pombeba, 2000		 fig. 1.72

### 1.2.3. Gramáticas de Cores

As Gramáticas de Cores (*Color Grammars*) foram introduzidas por Knight (1989) como extensão às Gramáticas de Formas. Levam em conta a distinção entre a estrutura formal e as qualidades corpóreas (elementos físicos construídos), visuais (luz e cor) e propositivas (funcionais), "resultantes da realização física da forma espacial" (Knight, 1989, p.417).

As Gramáticas de Formas são definidas por vocabulário e regras. As Gramáticas de Cores adicionam um terceiro componente ao vocabulário e às regras: o **campo de cor** (*color field*). O campo de cor é aplicado às formas para definir posicionamentos de componentes, bem como seus atributos (material, cor, aberturas, etc.), e consiste na marcação de uma determinada superfície com uma determinada cor para indicar um atributo ou posicionamento dessa superfície (ou a relação dessa superfície com outra superfície).

Nas Gramáticas de Cores as formas são marcadas com cores que representam atributos. Um prisma pode receber uma cor diferente em cada superfície e cada cor indicará um determinado tratamento. Por exemplo: um campo de cor vermelha pode representar uma parede cega em concreto; um campo de cor amarela pode representar uma parede em concreto com um pano de vidro; um campo de cor azul pode representar uma laje ou um telhado, e assim por diante. Do mesmo modo as cores podem definir que tipo de relação uma superfície terá com outras superfícies, determinando, por exemplo, quais pontos uma superfície terá em comum com outra após uma regra de adição de volumes.

Em seu artigo *Shape Grammars and Color Grammars in Design* (1994), Knight apresenta operações com Gramáticas de Cores e um exemplo de aplicação no desenvolvimento de projetos de arquitetura. Knight também emprega as Gramáticas de Cores no ensino de arquitetura como um método de modelagem e síntese do projeto arquitetônico. Os estudantes manipulam a composição de formas e o tratamento de superfícies através do emprego de campos de cores em superfícies de um determinado vocabulário de formas. Através da modificação dos atributos de um campo de cor, diferentes resultados são obtidos. A comparação desses resultados torna evidentes as múltiplas possibilidades desse tipo de prática.

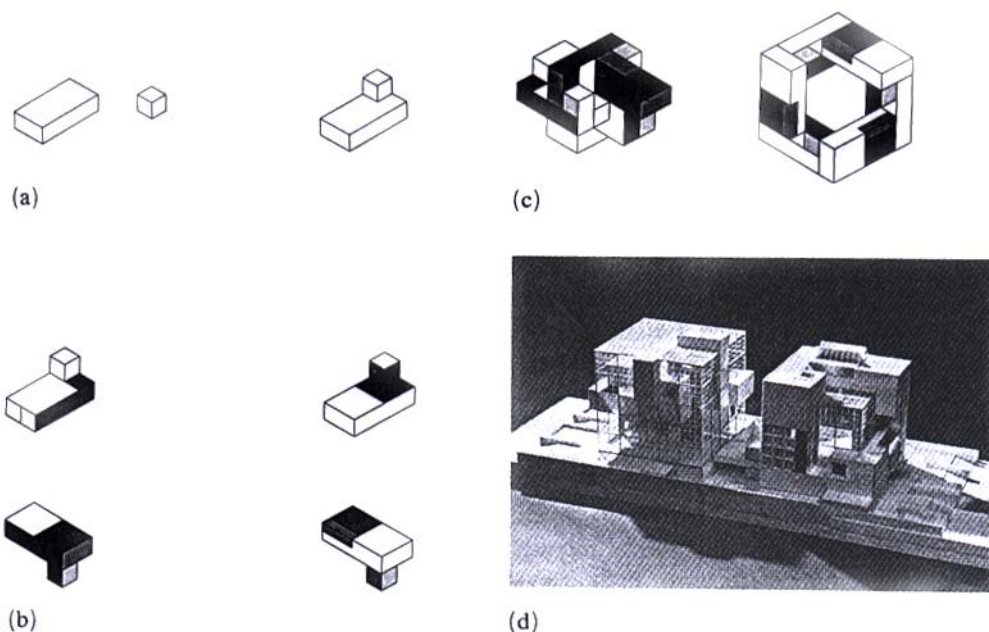


Fig.1.73 Exemplo de aplicação de uma gramática de cores na elaboração de um projeto arquitetônico em ateliê de ensino (Knight, 1994). As cores atribuem diferentes relações entre os blocos e tratamentos de superfície; transparência e opacidade.

Superfícies são definidas por Corbusier (1972, p.XIX) como “envelopes do volume podendo anular ou ampliar a sua sensação”. Na arquitetura de Lelé para a Rede Sarah, a noção de superfície como envelope é reforçada pelo fato de seus prédios serem constituídos pela articulação de componentes construtivos planos. A modelagem da articulação desses componentes baseia-se, neste estudo, em conceitos das Gramáticas de Cores, aferindo-se a relação de atributos (transparência, opacidade, abertura, fechamento) com a posição de um componente no espaço.

Uma vez definido um vocabulário de componentes construtivos pretende-se analisar as regras de articulação que mantêm entre si e os tipos de espaços aos quais se destinam. As cores servirão para definir os atributos desses componentes, relacionando-os às regras às quais se submetem. Com a definição dessa gramática de componentes construtivos pretende-se possibilitar a síntese da articulação dos componentes.

A integração dos resultados da Sintaxe Espacial com conceitos das Gramáticas de Cores pode aferir relações entre os componentes construtivos e os tipos de espaços onde são empregados (mais ou menos acessíveis), não limitando a análise à relação dos componentes entre si, mas também à relação entre os tipos de espaços e componentes, constituindo uma gramática específica para os hospitais da Rede Sarah.

### **Método de Análise da Articulação dos Componentes Construtivos**

**1.** O primeiro passo da análise da articulação dos componentes construtivos consiste em identificar os **cheios** e **vazios** dos planos verticais e horizontais,

isto é, separar as superfícies externas da volumetria dos hospitais em duas categorias básicas: opacas e transparentes. Para isso são utilizadas perspectivas isométricas dos hospitais (dois pontos de vista para cada edifício) e três tipos de campos de cor: **preto**, representando as superfícies opacas; **branco**, representando as superfícies transparentes; e **cinza**, representando as superfícies translúcidas, ou seja, superfícies de aspecto poroso, nem totalmente opacas nem totalmente transparentes.

**2.** De acordo com Steadman (2003), além das questões relativas à acessibilidade (analisadas pela Sintaxe Espacial), as funções de iluminação natural, ventilação e visuais para o exterior são as mais importantes no desenho de plantas baixas e na definição de espaços, uma vez que a luz natural pode alterar a percepção do espaço, e, por conseqüência, sua apropriação. Essas funções são providas por janelas e zenitais, influenciando nos formatos e dimensões das plantas. Na arquitetura de Lelé, a adoção de *sheds* pode permitir outros tipos de arranjos, onde os espaços não precisam de paredes em relação direta com o exterior.

“Atualmente, existe uma preocupação no hospital moderno, que consideramos válida e cabível, quanto à necessidade de aproximar setores a partir de suas afinidades técnicas e administrativas, o que resulta, muitas vezes, na concentração maciça, em um pavimento, de cubículos interligados por corredores com iluminação e ventilação controlados artificialmente. Acontece, porém, e não raro, que isso resulta, na prática, em ambientes hostis e desumanos. Não obstante, acreditamos que, nestes casos, a adoção de sistemas de ventilação e iluminação do tipo *shed*, quando o clima propicia e quando convém tecnicamente, assim como a introdução de espaços verdes internos podem constituir-se num fator importante para a amenização do ambiente.” (Lelé in: Módulo 45, 1977, p.43).

Considerando-se este fato, o segundo passo da análise consiste em identificar sobre as plantas baixas dos hospitais quais setores possuem fechamento horizontal (cobertura) totalmente opaco, distinguindo desse modo os tipos de cobertura empregados em cada unidade funcional e verificando quais.

**3.** A partir dos passos 1 e 2, são relacionados os tipos de componentes opacos, translúcidos e transparentes, identificando sua forma e atributos qualitativos; material, cor e textura; bem como os planos onde são empregados.

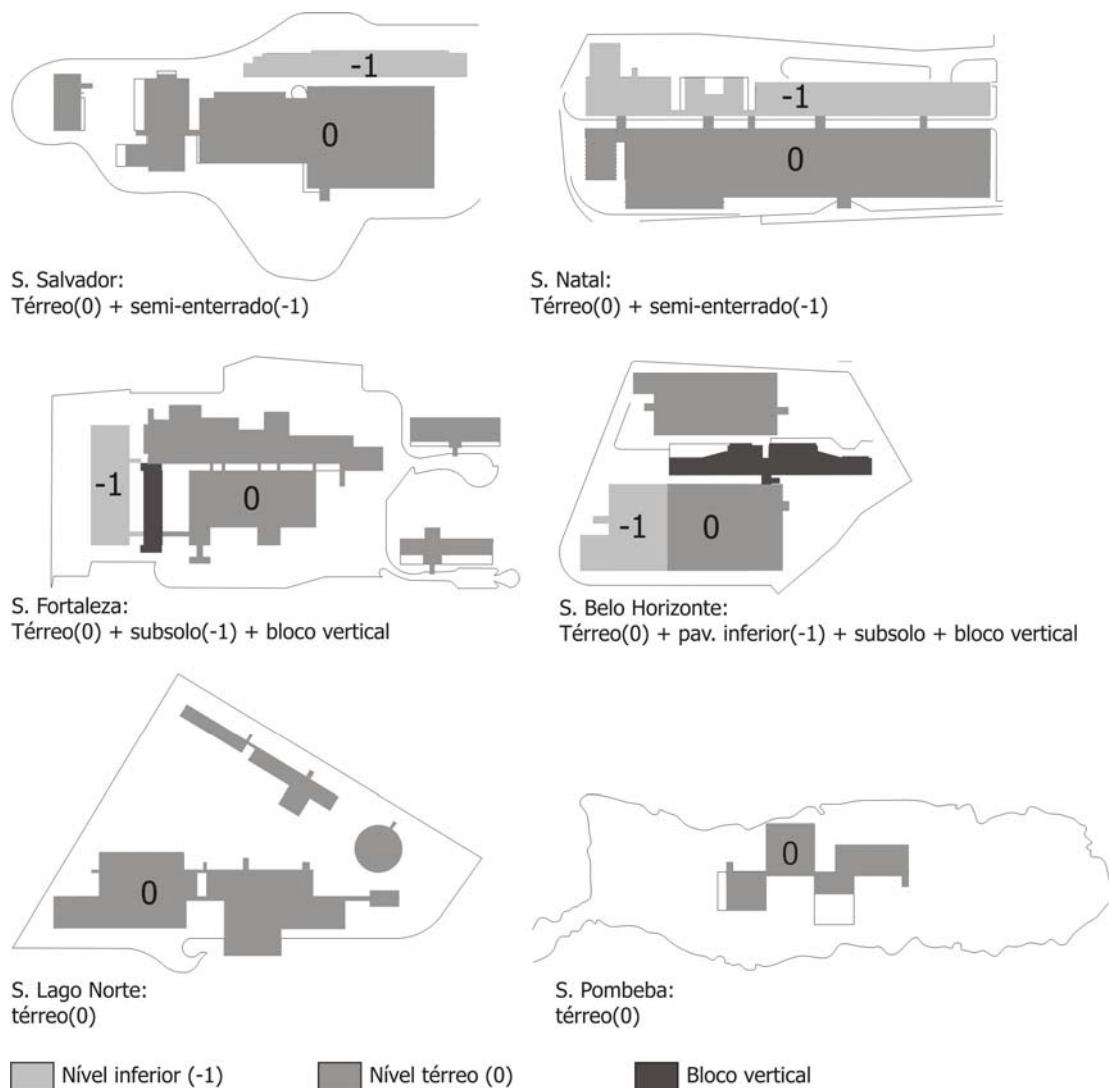
**4.** As possibilidades de articulação entre planos opacos, translúcidos e transparentes são relacionadas aos espaços aos quais correspondem em planta. Em seguida, identificam-se as possibilidades de articulação de componentes construtivos desses espaços, tanto nos planos verticais quanto nos horizontais.

## 2. Análise

## Capítulo 2. Análises

### 2.1. Sintaxe Espacial

**1.** A análise através da decomposição das plantas revela padrões de articulação dos espaços vinculados à topografia e dimensões do lote. Terrenos menores, cuja área seja inferior à exigida pelo programa, exigem soluções verticalizadas, como nos hospitais de Fortaleza e Belo Horizonte. As topografias mais acidentadas levam à organização em níveis ou em blocos independentes (esquema 2.1.).

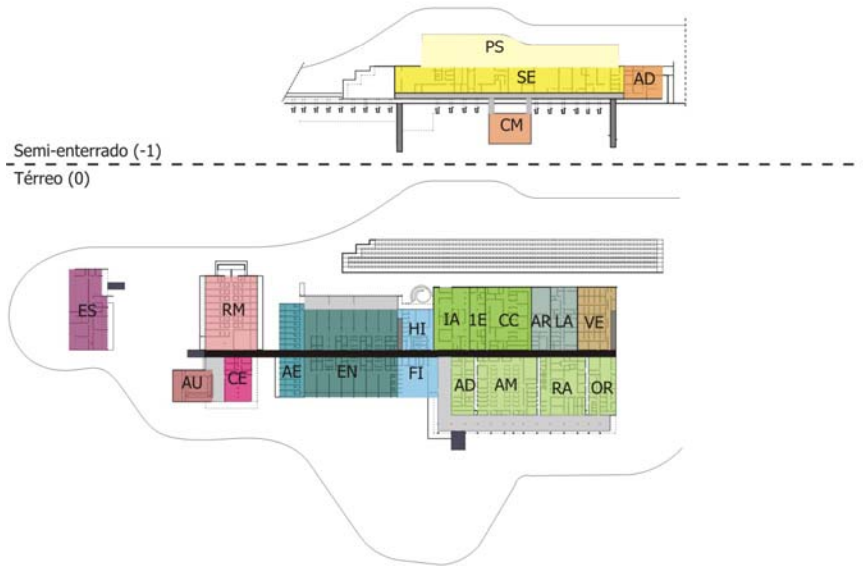


Esquema 2.1. Relação do edifício com o terreno.

**2.** Pela identificação das unidades funcionais (esquema 2.2) podemos perceber uma relação de proximidade (esquema 2.3) entre elas.

## Esquema 2.2 - Identificação da Unidades Funcionais:

Sarah Salvador



Legenda Unidades Funcionais:

- AU - Auditório
- CE - Centro de Estudos
- RM - Residência Médica
- ES - Escola
- AM - Ambulatório
- RA - Radiologia
- OR - Ortopedia
- AD - Administração do Ambulatório
- LA - Laboratório
- AR - Arquivo Médico
- CC - Centro Cirúrgico
- 1E - 1º estágio
- IA - Internação e Alta
- VE - Vestiário
- EN - Enfermaria
- AE - Apartamentos
- FI - Fisioterapia
- HI - Hidroterapia
- GI - Ginásio Esportivo
- CA - Cais
- PS - Pátio de Serviço
- SE - Serviços (cozinha, lavanderia e refeitório)
- AD - Administração
- AL - Almoarifado
- CM - Central de Materiais

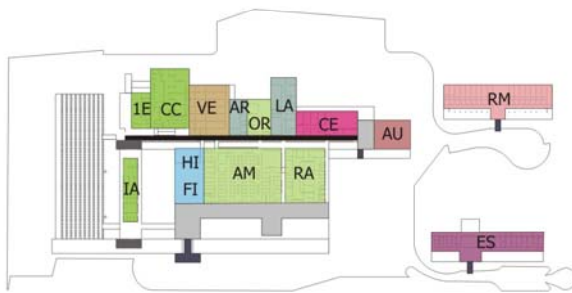
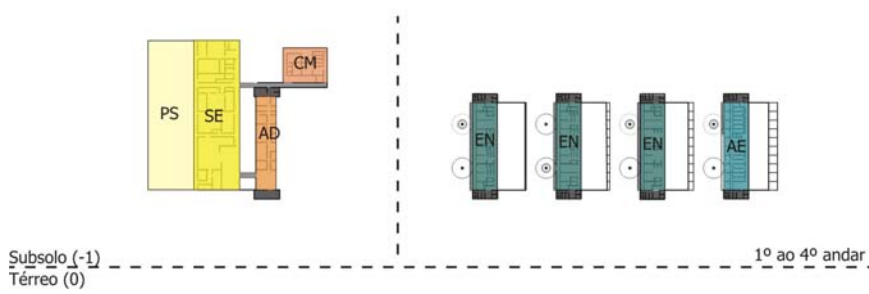
Sarah Natal



Semi-enterrado (-1)  
Térreo (0)

## Esquema 2.2 - Identificação da Unidades Funcionais:

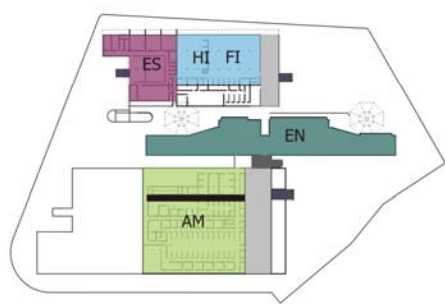
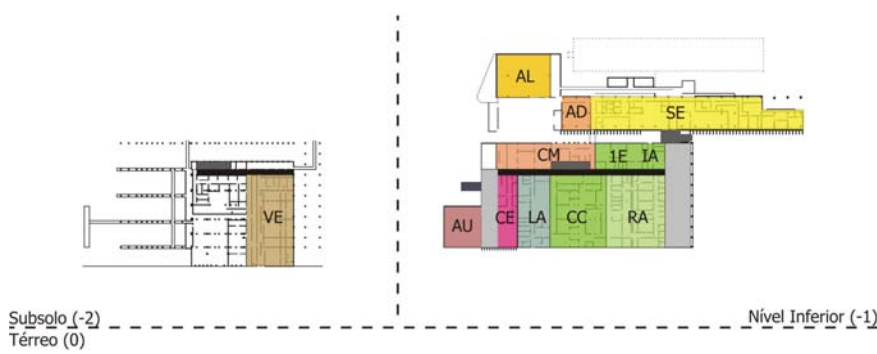
### Sarah Fortaleza



### Legenda Unidades Funcionais:

- AU - Auditório
- CE - Centro de Estudos
- RM - Residência Médica
- ES - Escola
- AM - Ambulatório
- RA - Radiologia
- OR - Ortopedia
- AD - Administração do Ambulatório
- LA - Laboratório
- AR - Arquivo Médico
- CC - Centro Cirúrgico
- 1E - 1º estágio
- IA - Internação e Alta
- VE - Vestiário
- EN - Enfermaria
- AE - Apartamentos
- FI - Fisioterapia
- HI - Hidroterapia
- GI - Ginásio Esportivo
- CA - Cais
- PS - Pátio de Serviço
- SE - Serviços (cozinha, lavanderia e refeitório)
- AD - Administração
- AL - Almoarifado
- CM - Central de Materiais

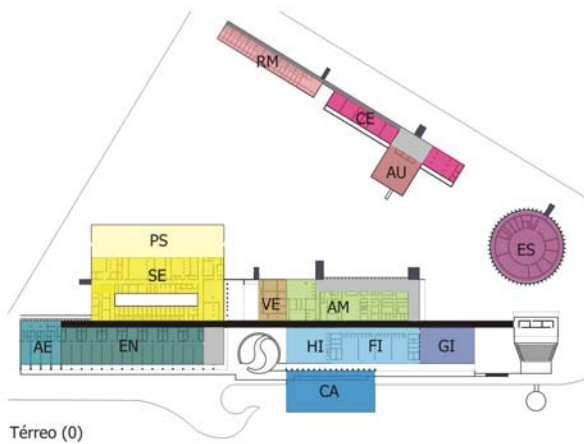
### Sarah Belo Horizonte





## Esquema 2.2 - Identificação da Unidades Funcionais:

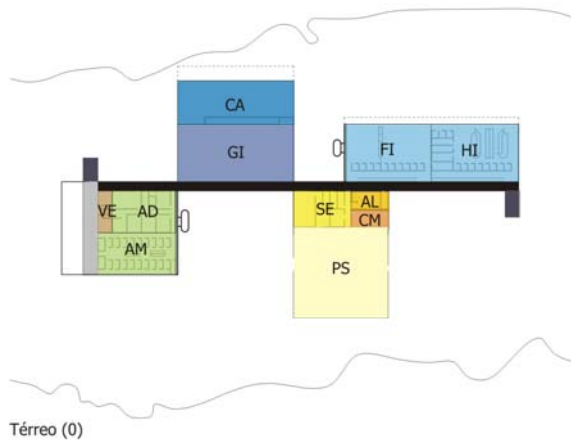
Sarah Lago Norte



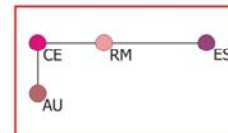
Legenda Unidades Funcionais:

- AU - Auditório
- CE - Centro de Estudos
- RM - Residência Médica
- ES - Escola
- AM - Ambulatório
- RA - Radiologia
- OR - Ortopedia
- AD - Administração do Ambulatório
- LA - Laboratório
- AR - Arquivo Médico
- CC - Centro Cirúrgico
- 1E - 1º estágio
- IA - Internação e Alta
- VE - Vestiário
- EN - Enfermaria
- AE - Apartamentos
- FI - Fisioterapia
- HI - Hidroterapia
- GI - Ginásio Esportivo
- CA - Cais
- PS - Pátio de Serviço
- SE - Serviços (cozinha, lavanderia e refeitório)
- AD - Administração
- AL - Almoarifado
- CM - Central de Materiais

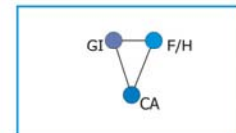
Sarah Pombeba



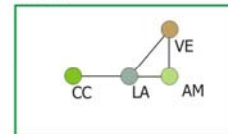
Setor 1



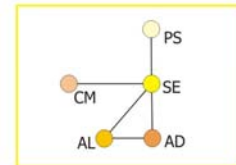
Setor 4



Setor 2



Setor 5



Setor 3



**Esquema 2.3. Relação espacial de proximidade.**

### 3. Análise da Articulação Espacial

A análise da integração global nos mapas de convexidade (esquema 2.4) mostra que os espaços mais integrados de todos os hospitais são, unanimemente, os corredores principais que estruturam os projetos como eixos ordenadores. Por conseqüência, os espaços contíguos a esses corredores também tendem a ser mais integrados. Os setores de ambulatório, cirurgia, fisioterapia, hidroterapia e enfermaria normalmente ficam mais próximos aos eixos principais, permitindo melhor acesso aos mesmos, mesmo que este seja controlado. Setores de serviço, terraços e compartimentos menores de ambulatórios e centros cirúrgicos tendem a ter integração média, já que são espaços importantes aos hospitais, porém de uso mais exclusivo. As escolas para crianças excepcionais, residências médicas e centros de estudos são sempre os espaços mais segregados. Por serem setores com funcionamento independente dos hospitais, tendem a aparecer em volumes isolados, com a possibilidade de acesso direto pelo espaço externo. Em alguns casos, os apartamentos especiais de internação também aparecem mais segregados. Esses apartamentos ficam em áreas também mais isoladas e calmas, com acesso restrito. Nos hospitais do Lago Norte e da Ilha da Pombeba, onde há cais, estes setores também aparecem mais segregados.

Cabe salientar que mesmo nos hospitais com soluções verticalizadas, Fortaleza e Belo Horizonte, as colunas de circulação vertical aparecem como bastante integradas. Em termos de hierarquia espacial, essas circulações são similares a corredores horizontais, e são localizadas junto aos corredores principais dos hospitais. Por se tratar de um projeto de adaptação, o Sarah Belo Horizonte apresenta pequenas diferenças em relação aos demais. Neste hospital os setores de fisioterapia e hidroterapia foram instalados juntos à escola de excepcionais, e por isso aparecem bastante segregados. Do mesmo modo, as extremidades dos pavimentos do bloco antigo (do conjunto original parcialmente demolido) aparecem com certo grau de segregação. Isso se deve à ausência de um corredor cobrindo toda a extensão do pavimento, como no Sarah Fortaleza onde a integração de cada pavimento é mais homogênea.

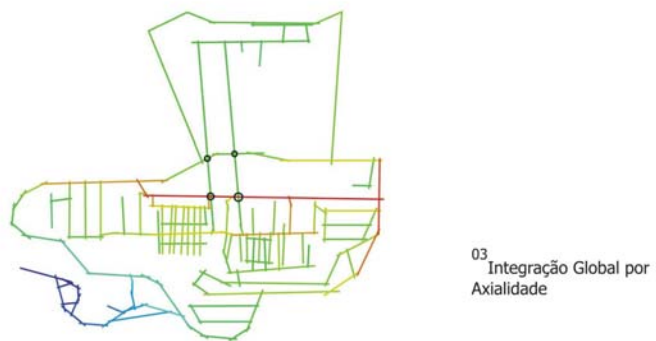
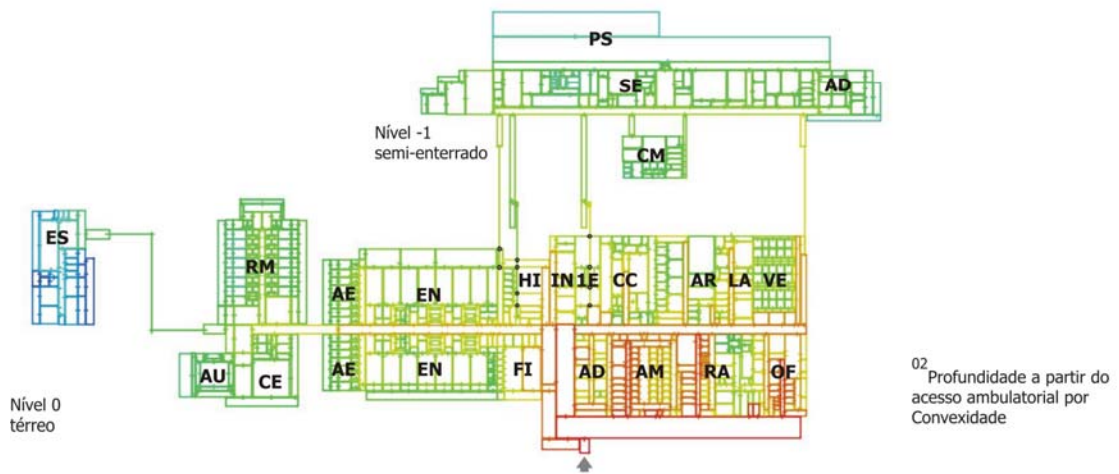
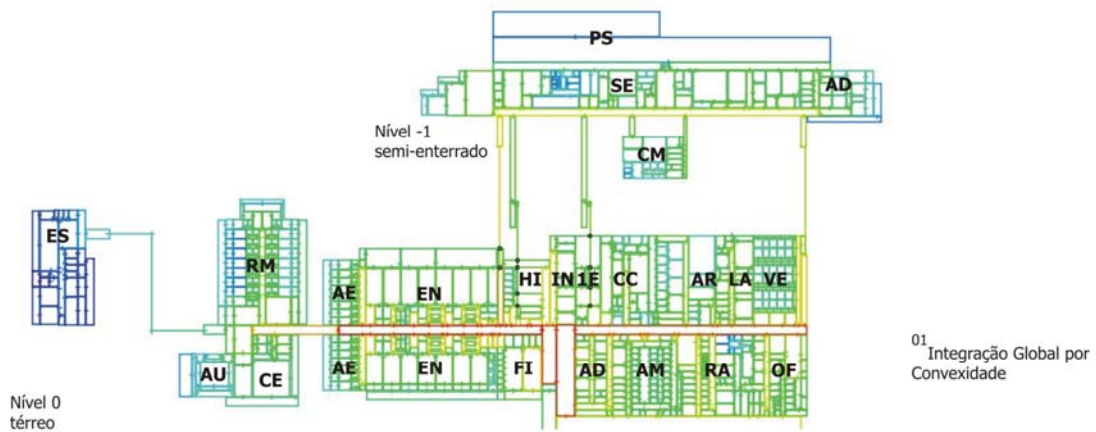
Os cálculos de profundidade dos espaços convexos tomam como ponto inicial os acessos aos ambulatórios de cada hospital. Observa-se que os espaços mais próximos a esse setor são o corredor principal, o centro cirúrgico e a enfermaria. Os apartamentos especiais de internação, residência médica, escola de excepcionais e em alguns casos o centro de estudos são os espaços mais profundos. Os espaços de serviços normalmente apresentam profundidade média. Assim como na análise da integração, o Sarah Belo Horizonte apresenta exceções. Neste hospital o setor de serviços encontra-se no subsolo, ficando bastante profundo em relação ao ambulatório. Também em Belo Horizonte os setores de fisioterapia e hidroterapia aparecem distantes do ambulatório, diferente dos outros hospitais.

No Sarah Natal observou-se que a distribuição da integração e profundidade dos espaços é mais homogênea em relação aos demais hospitais. Isto acontece pelo fato de seus corredores principais alcançarem toda a extensão do edifício, e também por serem quase todos os setores contíguos a esses corredores.

Diferentemente dos espaços convexos, a análise sintática dos mapas axiais considerou as possibilidades de movimento incluindo o espaço externo dos hospitais. Nessa análise observa-se novamente os corredores principais dos hospitais como os eixos mais integrados de seus sistemas. É entorno desses eixos que se configura o maior número de anéis de circulação, ou seja, percursos em circuito que aumentam as possibilidades de se retornar a um dado eixo (neste caso, o próprio corredor principal). A diferença está na comparação entre os hospitais horizontais e verticais. Nestes, os eixos mais segregados aparecem no interior dos edifícios, nos pavimentos mais altos e nos eixos de espaços isolados, como o caso da escola de excepcionais do Sarah Belo Horizonte. Nos hospitais horizontais, os eixos mais segregados aparecem em regiões periféricas à planta, no espaço externo.

As análises da relação entre permeabilidade e uso mostram um padrão além do formato do edifício ou de sua organização em níveis. Diferentes formatos apresentam uma mesma articulação entre funções. Inclusive em soluções verticalizadas. Conclui-se que há um padrão de articulação dos setores ao longo de grandes eixos ordenadores (corredores principais). O setor ambulatorial tende a estar mais integrado em relação a todos os outros espaços do hospital. Os setores de educação, residência médica e apartamentos especiais ficam mais isolados em relação aos demais espaços. O setor de serviço aparece em áreas de integração mediana.

### Esquema 2.4 - Análise Sintática - Sarah Salvador

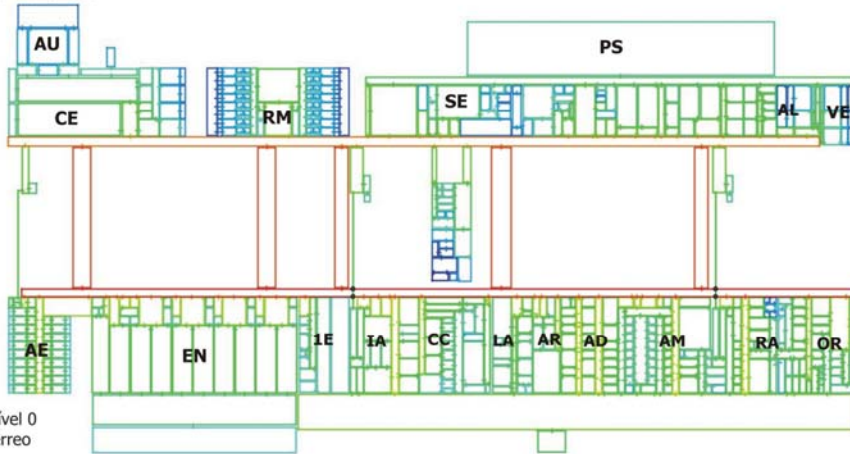


Valor de Integração dos Espaços



## Esquema 2.4 - Análise Sintática - Sarah Natal

Nível -1  
semi-enterrado



01. Integração Global por Convexidade

Nível 0  
térreo

Nível -1  
semi-enterrado



02. Profundidade a partir do acesso ambulatorial por Convexidade

Nível 0  
térreo

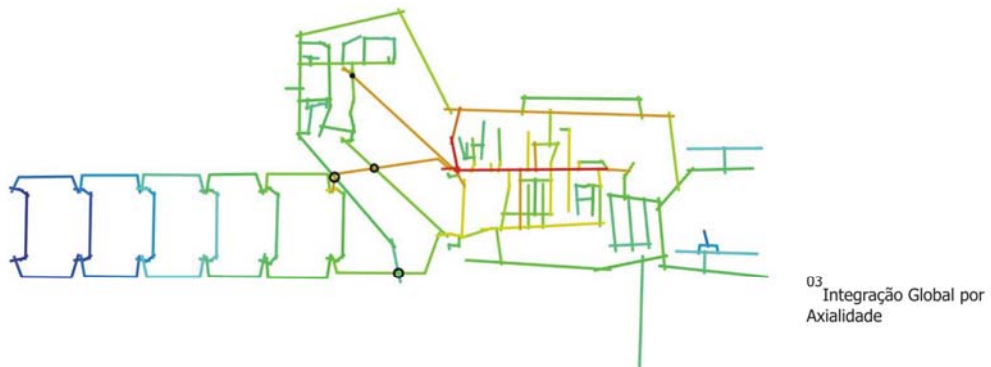
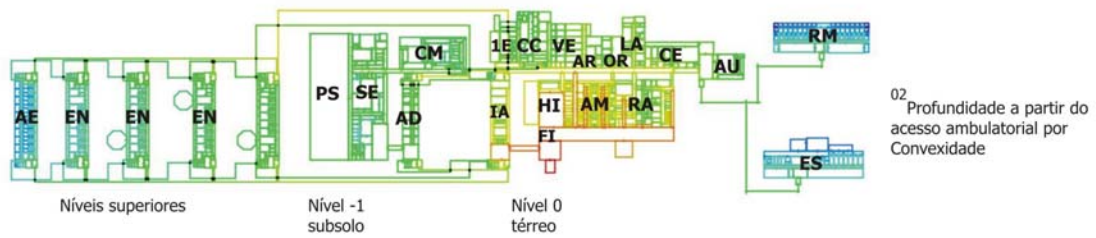
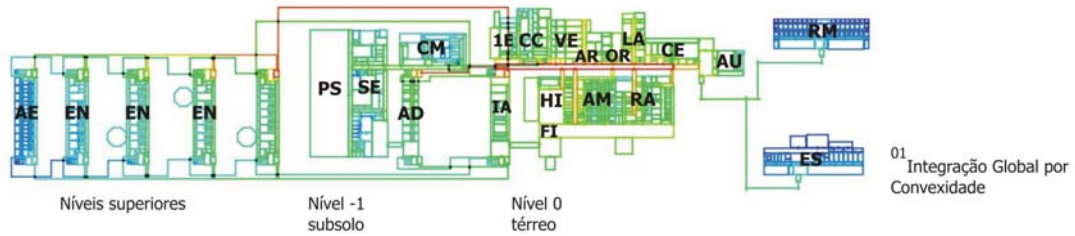


03. Integração Global por Axialidade

Valor de Integração dos Espaços



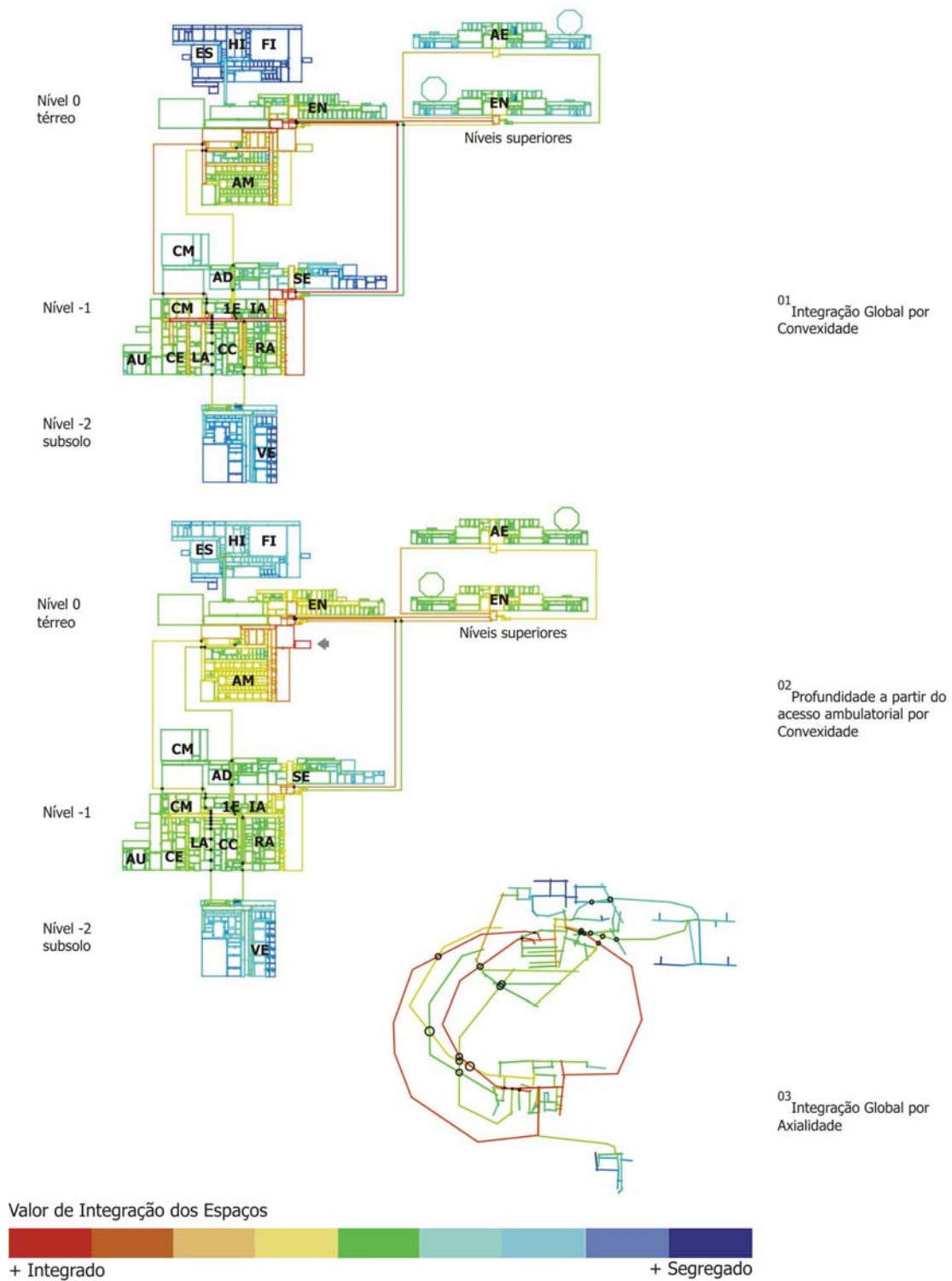
### Esquema 2.4 - Análise Sintática - Sarah Fortaleza



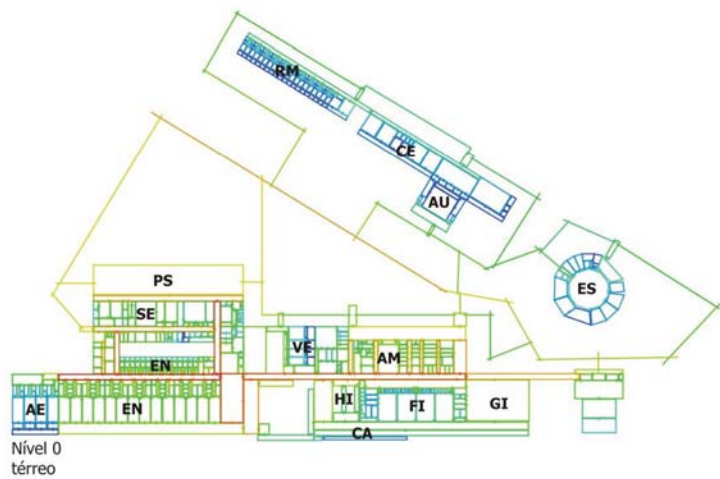
Valor de Integração dos Espaços



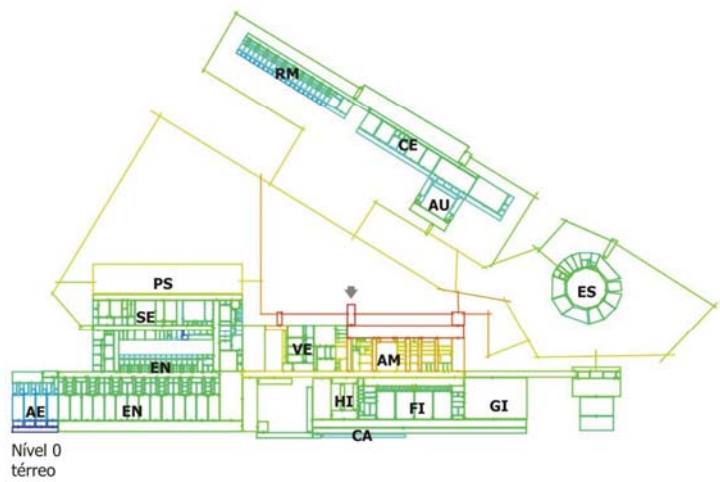
## Esquema 2.4 - Análise Sintática - Sarah Belo Horizonte



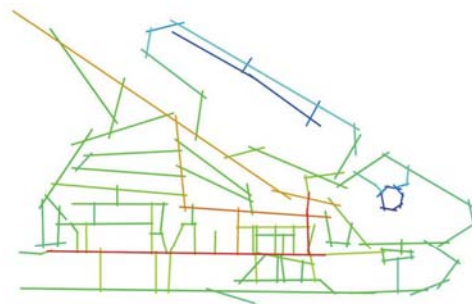
## Esquema 2.4 - Análise Sintática - Sarah Lago Norte



01 Integração Global por Convexidade



02 Profundidade a partir do acesso ambulatorial por Convexidade



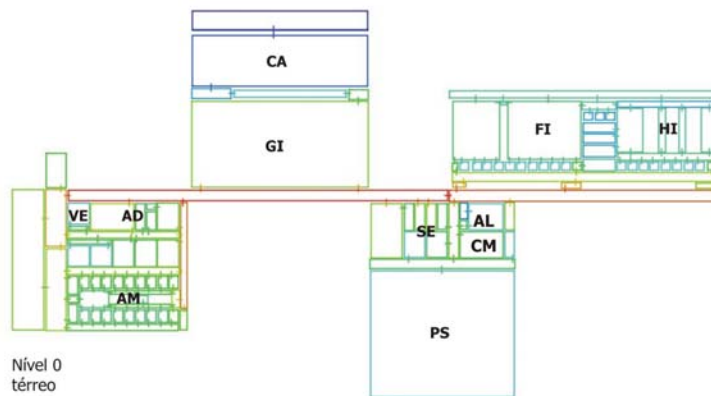
03 Integração Global por Axialidade

Valor de Integração dos Espaços

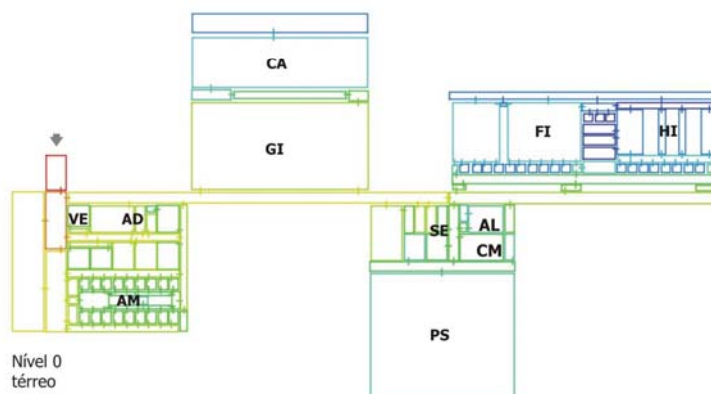




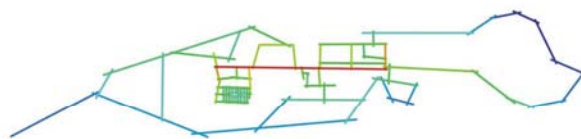
## Esquema 2.4 - Análise Sintática - Sarah Ilha da Pombeba



01  
Integração Global por  
Convexidade



02  
Profundidade a partir do  
acesso ambulatorial por  
Convexidade

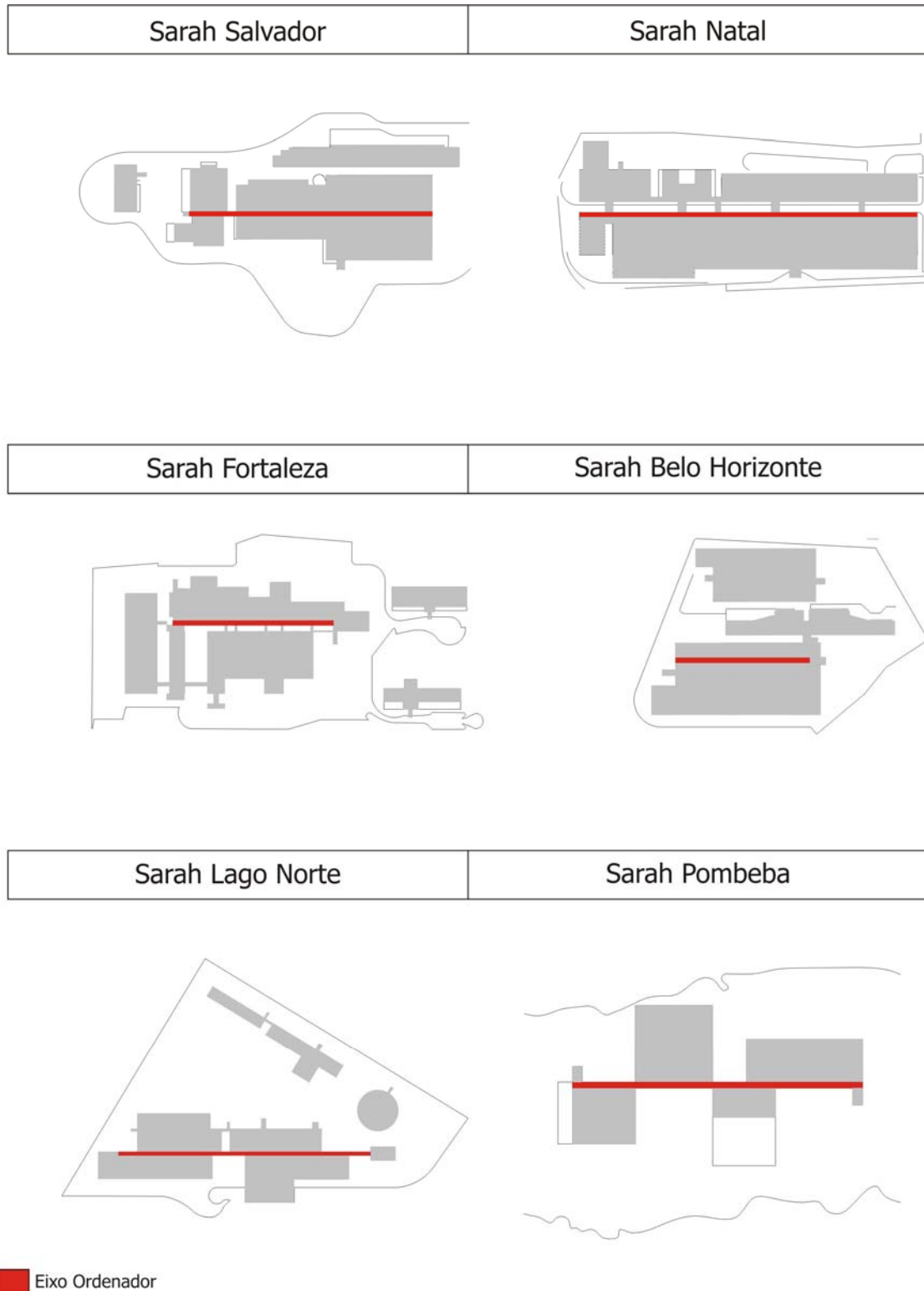


03  
Integração Global por  
Axialidade

Valor de Integração dos Espaços



4. Observa-se a existência de um **eixo ordenador** principal na porção central da planta em todos os hospitais, ao longo do qual os espaços tendem a se posicionar. O esquema 2.5 demarca o eixo sobre a implantação de cada edifício.



Esquema 2.5. Eixos ordenadores dos edifícios.

**5.** São identificados 5 setores funcionais (esquema 2.6) constituídos das seguintes unidades:

**Setor 1:** Destinado ao programa educacional, é constituído por auditório, biblioteca, salas de aula, residência médica e escola para crianças excepcionais.

**Setor 2:** Destinado a pronto-atendimento, exames e cirurgias, é constituído por ambulatório, laboratório e centro cirúrgico. Também engloba-se a este setor o vestiário. Algumas unidades são divididas em sub-unidades:

Ambulatório: ambulatório propriamente dito, administração, radiologia e ortopedia.

Laboratório: laboratório propriamente dito e arquivo médico.

Centro Cirúrgico: centro cirúrgico, 1º estágio, internação e alta.

**Setor 3:** Destinado à internação de pacientes, é constituído por enfermarias e apartamentos.

**Setor 4:** Destinado ao tratamento dos pacientes, é constituído por fisioterapia, hidroterapia, ginásio esportivo e cais.

**Setor 5:** Destinado à infra-estrutura do hospital, é constituído por serviços: cozinha, refeitório, lavanderia; pátio de serviço; administração; almoxarifado e central de materiais.

**6.** A análise do posicionamento dos setores ao longo do eixo ordenador identifica quatro possibilidades de posicionamento a partir de uma posição inicial (**P0**) onde o setor é adjacente ao eixo (esquema 2.7). As possibilidades são:

**P1:** Isolamento do setor em relação ao eixo, tornando-o independente do mesmo.

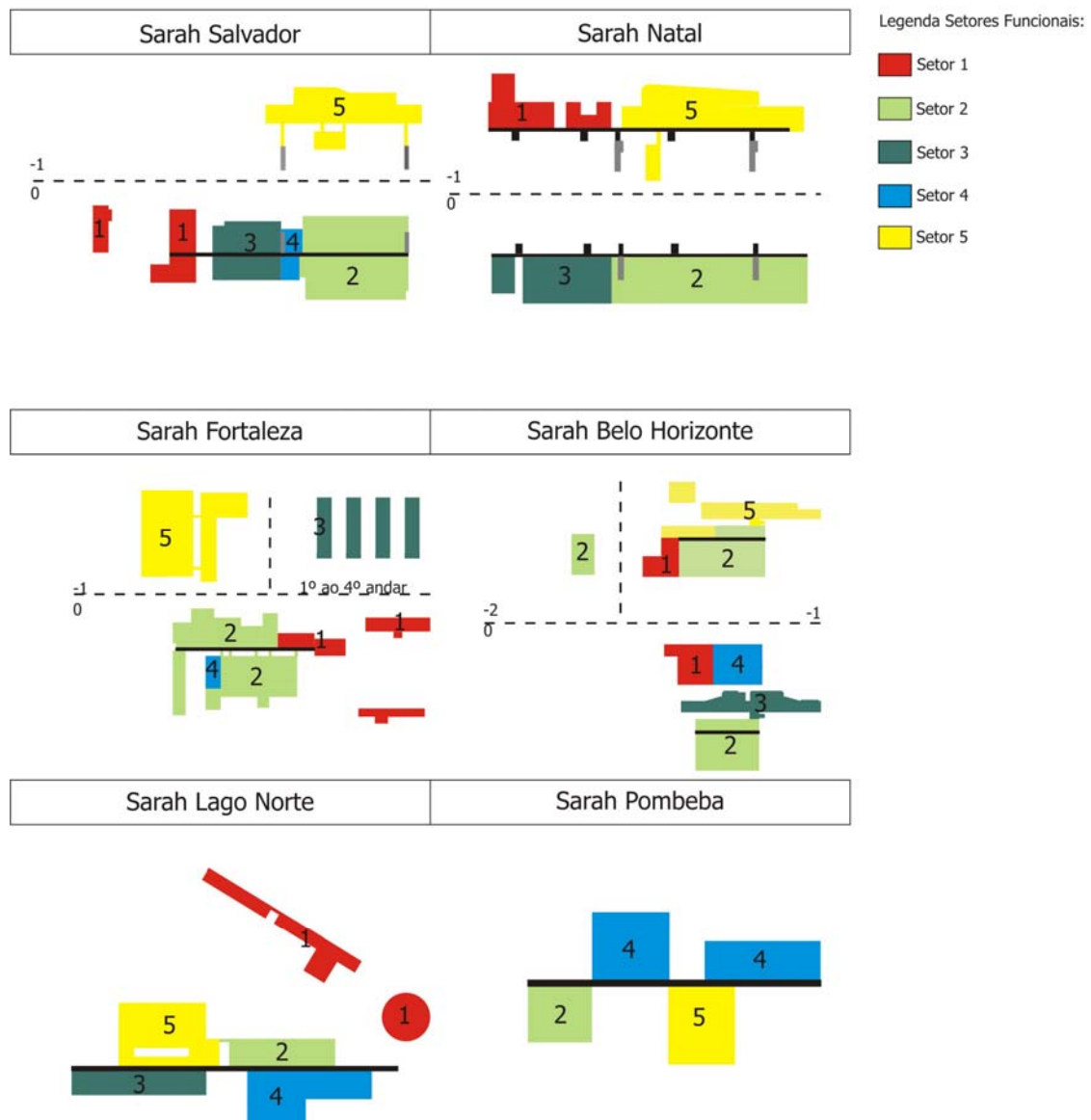
**P2:** Isolamento parcial do setor em relação ao eixo, com a manutenção de uma porção adjacente ao mesmo.

**P3:** Isolamento do setor e acesso ao eixo através de rampa e/ou elevador.

**P4:** Isolamento do setor e acesso ao eixo através de elevador.

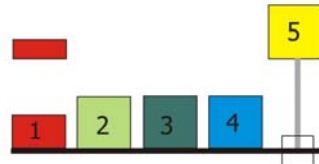
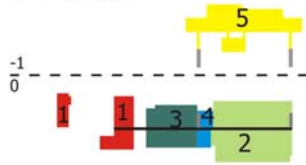
Pela análise, observa-se que o setor 1 tende a posicionar-se parcial ou totalmente independente do eixo ordenador. O setor 2 é adjacente ao mesmo em todos os edifícios. Quando o lote apresenta área menor que a exigida pelo programa, o setor 3 tende a verticalizar-se e conectar-se ao eixo por meio de elevadores. O setor 4 tende a ser adjacente ao eixo. O setor 5 tende a posicionar-se no subsolo ou em nível semi-enterrado, comunicando-se com o eixo por meio de rampas.

## Esquema 2.6 - Setores Funcionais



### Esquema 2.7 - Posicionamento dos setores ao longo do eixo ordenador

S. Salvador



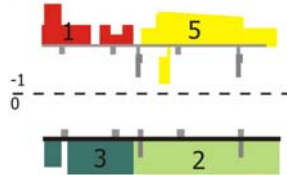
Legenda Setores Funcionais:

- Setor 1
- Setor 2
- Setor 3
- Setor 4
- Setor 5

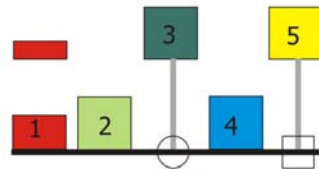
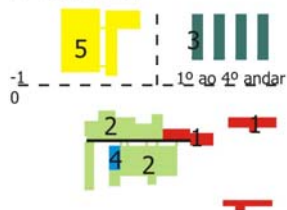
Legenda posicionamento do setor em relação ao eixo:

- 1. Adjacente ao eixo ordenador.
- 2. Não-adjacente ao eixo ordenador.
- 3. Parte adjacente e parte não adjacente ao eixo ordenador.
- 4. Não-adjacente ao eixo ordenador e acesso por rampa.
- 5. Não-adjacente ao eixo ordenador e acesso por elevador.

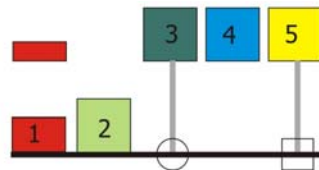
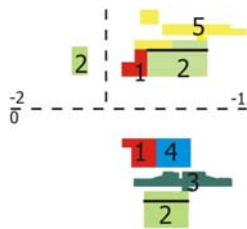
S. Natal



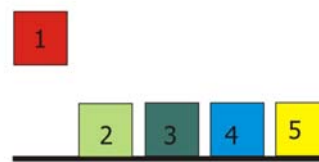
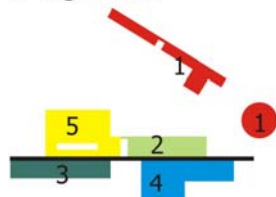
S. Fortaleza



S. Belo Horizonte



S. Lago Norte



S. Pombeba



## Esquema 2.7 - Posicionamento dos setores ao longo do eixo ordenador

Setores funcionais



Eixo ordenador



### Tipos de posicionamento a partir de P0:

P0: posição normal ou inicial



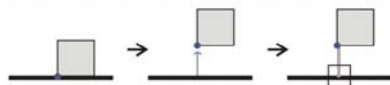
P1: isolamento do setor sem acesso



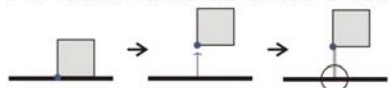
P2: isolamento de parte do setor



P3: isolamento do setor e acesso por rampa



P4: isolamento do setor e acesso por elevador



### posicionamento mais frequente em cada setor:

Setor	Tipos de posicionamento	Posição recorrente
1	P1	
2	P0	
3	R3	
4	P0	
5	R4	

## **7. Análise das unidades funcionais (esquemas 2.8.1 a 2.8.5):**

**7.1.** No setor 1 observa-se a presença de um hall que serve de acesso e articula o auditório com o centro de estudos. A residência médica é independente desse hall e pode aparecer relacionada tanto a um corredor (normalmente o eixo ordenador do hospital) ou totalmente independente do edifício principal, assim como a escola que é sempre um volume isolado.

**7.2.** No setor 2 o hall também faz a transição entre o espaço externo e o ambulatório. As demais unidades (laboratório, centro cirúrgico e vestiário) são normalmente adjacentes ao espaço de ambulatório, porém, com acesso exclusivo pelo eixo ordenador.

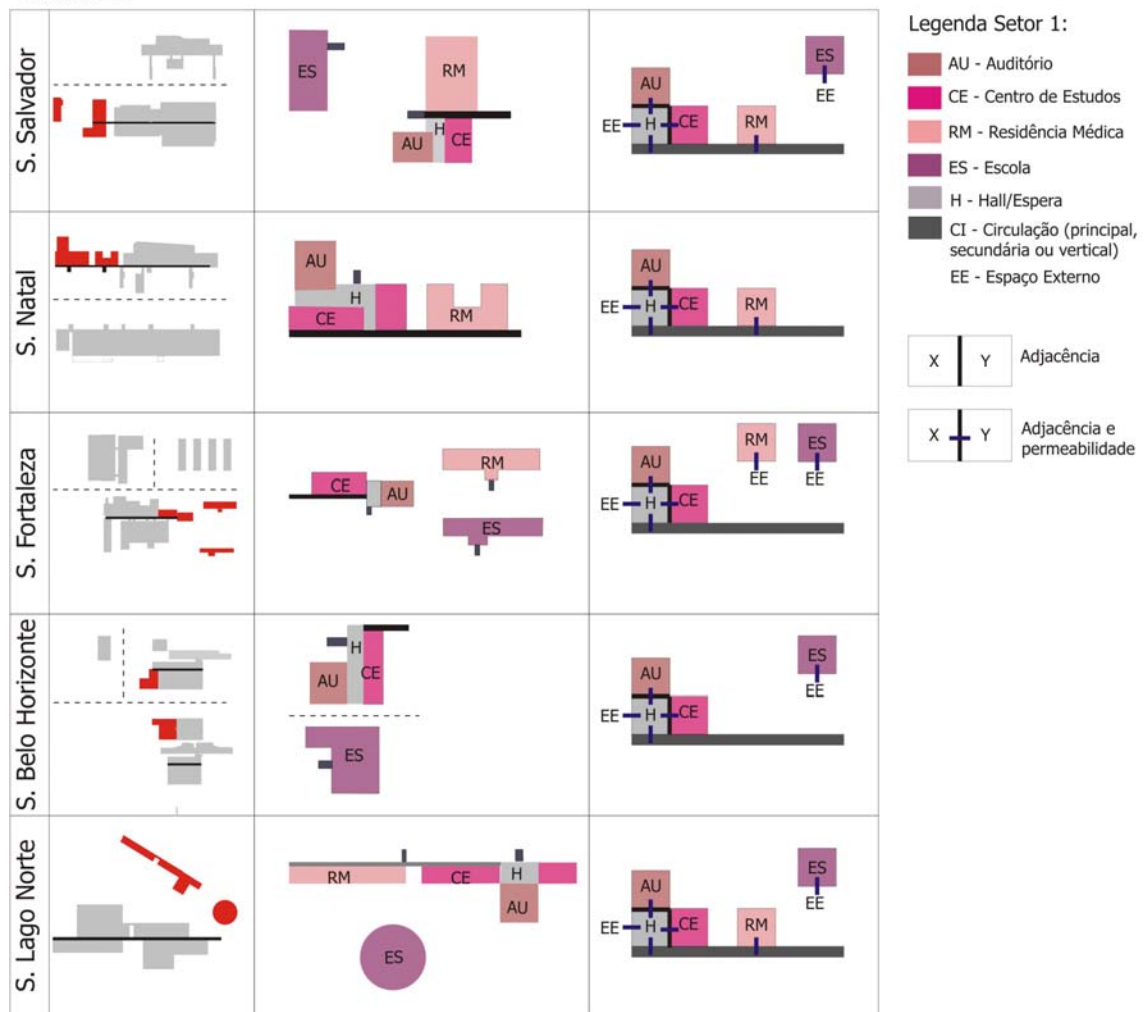
**7.3.** No setor 3 o hall mais uma vez aparece como elemento articulador. Ele pode relacionar-se com o espaço externo ou não, contanto que sempre dê acesso às enfermarias. Os apartamentos tendem a isolar-se em relação às enfermarias e podem ter acessos diretos para um corredor (eventualmente o eixo ordenador).

**7.4.** O setor 4 comunica-se diretamente com o eixo ordenador do edifício, exceto no Sarah Belo Horizonte onde aparece isolado do edifício principal e no Sarah Natal onde este setor ocupa outro terreno. Nas unidades à beira d'água, além de espaços de fisioterapia e hidroterapia, possui cais e ginásio esportivo.

**7.5.** O setor 5 conta com pátio de serviços para fazer a transição entre o espaço externo e o edifício. Unidades de cozinha, lavanderia e refeitório comunicam-se com o pátio. Unidades de administração, almoxarifado, administração tendem a comunicar-se com um corredor único. A central de materiais normalmente é mais isolada e comunica-se com esse corredor indiretamente.

A partir dessa análise identifica-se um conjunto de possibilidades de relações de adjacência e permeabilidade entre as unidades funcionais dos setores, a partir das quais pode-se gerar novas configurações dos mesmos.

**Esquema 2.8.1 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 1**





### Esquema 2.8.1 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 1

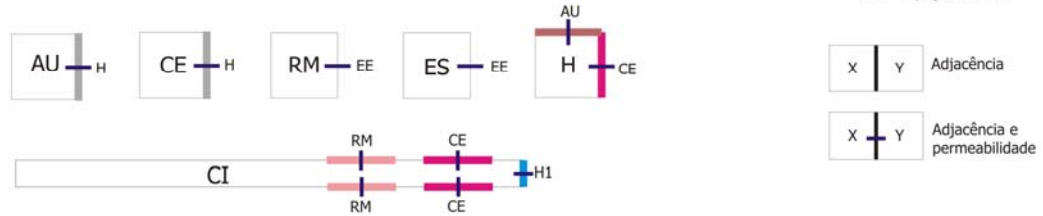
Unidades funcionais:



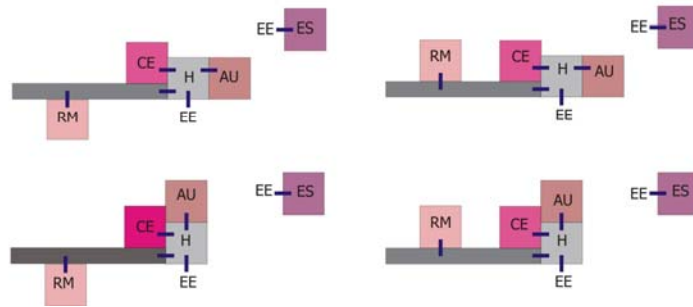
Legenda Setor 1:



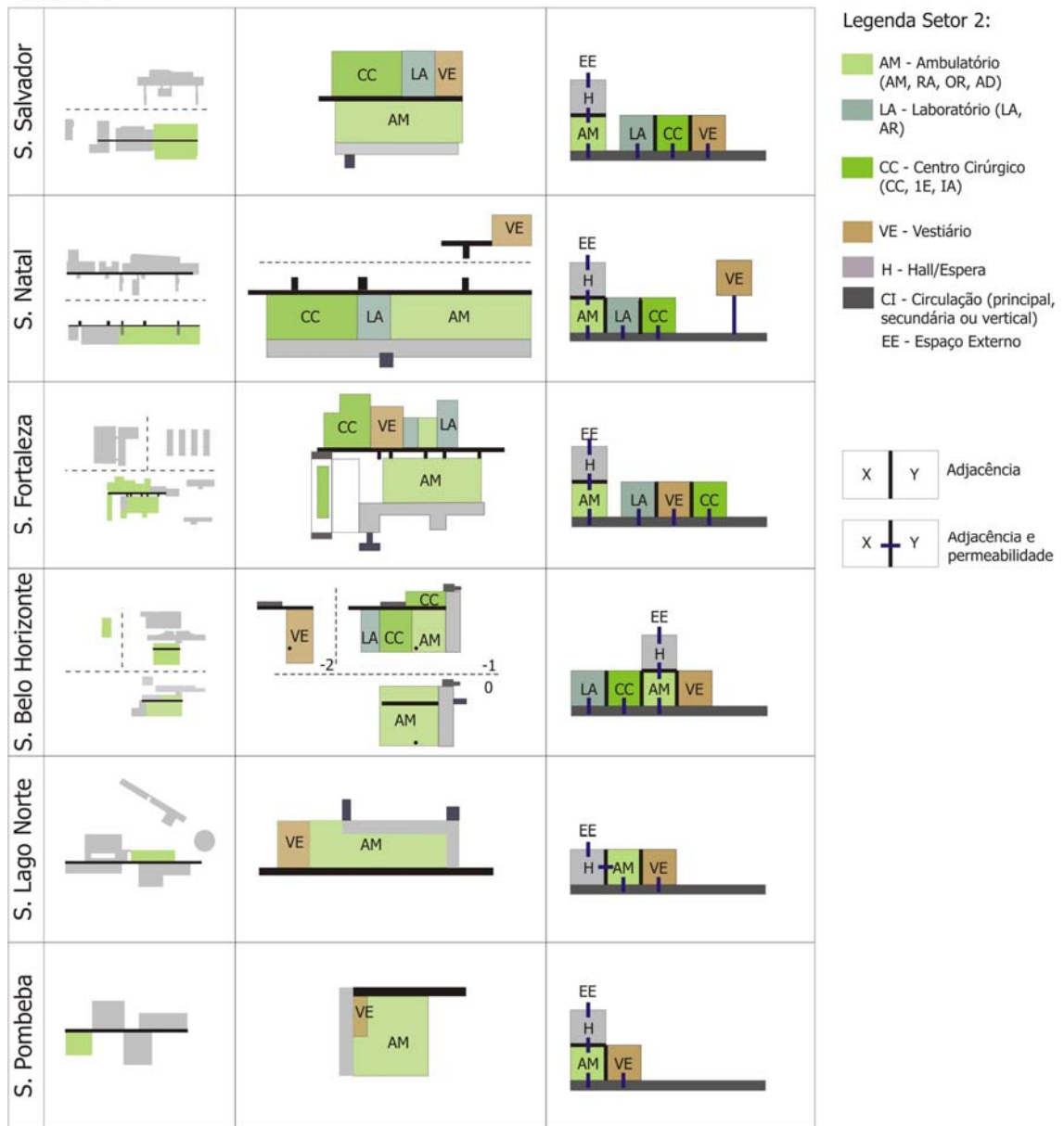
Possibilidades de adjacência e permeabilidade entre unidades:



Alguns possíveis fenótipos:



### Esquema 2.8.2 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 2



## Esquema 2.8.2 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 2

Unidades funcionais:



Legenda Setor 2:

- AM - Ambulatório (AM, RA, OR, AD)
- LA - Laboratório (LA, AR)
- CC - Centro Cirúrgico (CC, 1E, IA)

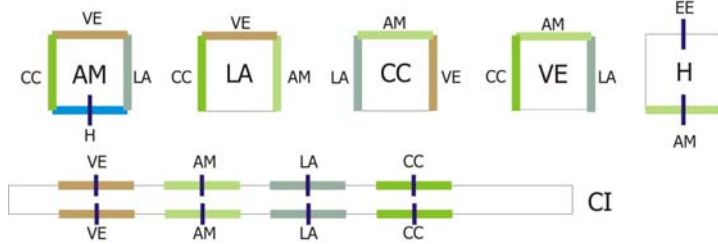
VE - Vestiário

H - Hall/Espera

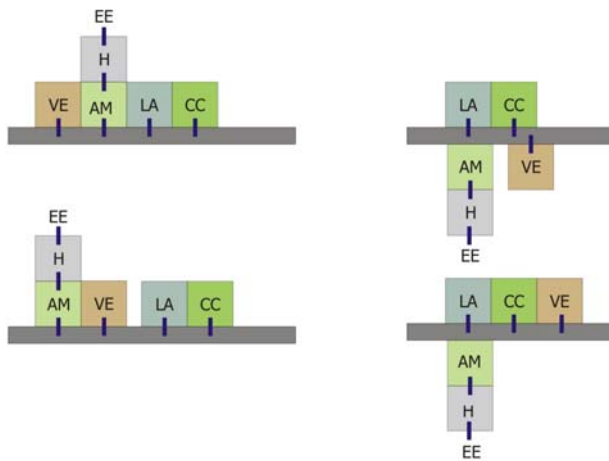
CI - Circulação (principal, secundária ou vertical)  
EE - Espaço Externo



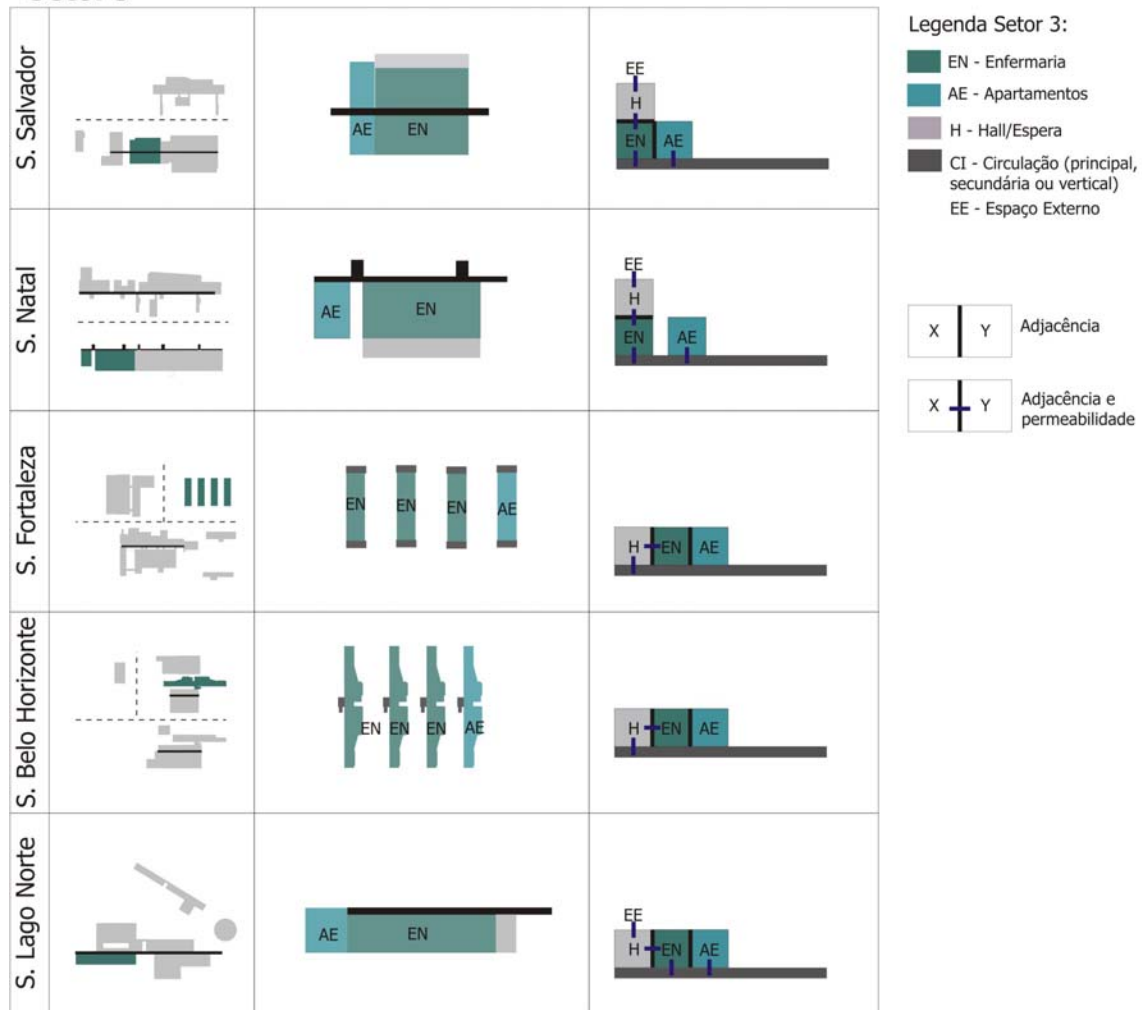
Possibilidades de adjacência e permeabilidade entre unidades:



Alguns possíveis fenótipos:



### Esquema 2.8.3 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 3



### Esquema 2.8.3 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 3

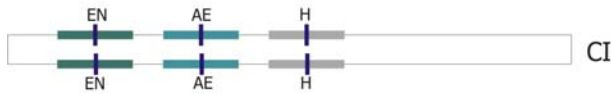
Unidades funcionais:



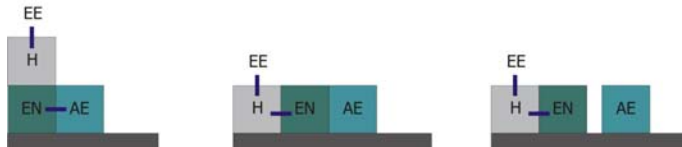
Legenda Setor 3:

- EN - Enfermaria
- AE - Apartamentos
- H - Hall/Espera
- CI - Circulação (principal, secundária ou vertical)
- EE - Espaço Externo

Possibilidades de adjacência e permeabilidade entre unidades:



Alguns possíveis fenótipos:



### Esquema 2.8.4 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 4

S. Salvador			
S. Fortaleza			
S. Belo Horizonte			
S. Lago Norte			
S. Pombeba			

#### Legenda Setor 4:

- F/H - Fisioterapia e Hidroterapia
- GI - Ginásio Esportivo
- CA - Cais
- H - Hall/Espera
- CI - Circulação (principal, secundária ou vertical)
- EE - Espaço Externo

Adjacência

Adjacência e permeabilidade

### Esquema 2.8.4 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 4

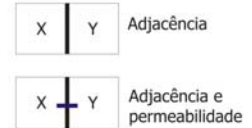
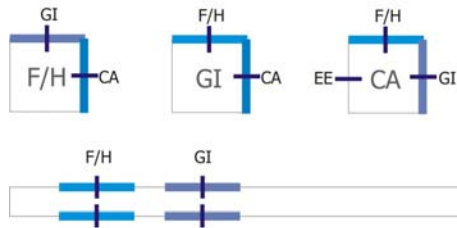
Unidades funcionais:



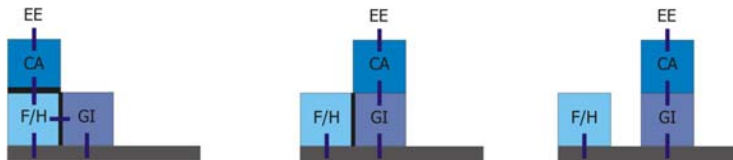
Legenda Setor 4:

- F/H - Fisioterapia e Hidroterapia
- GI - Ginásio Esportivo
- CA - Cais
- H - Hall/Espera
- CI - Circulação (principal, secundária ou vertical)
- EE - Espaço Externo

Possibilidades de adjacência e permeabilidade entre unidades:



Alguns possíveis fenótipos:

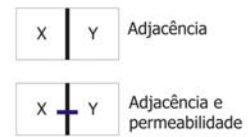


### Esquema 2.8.5 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 5

S. Salvador			
S. Natal			
S. Fortaleza			
S. Belo Horizonte			
S. Lago Norte			
S. Pombeba			

Legenda Setor 5:

- PS - Pátio de Serviço
- SE - Serviços (cozinha, lavanderia e refeitório)
- AD - Administração
- AL - Almojarifado
- CM - Central de Materiais
- H - Hall/Espera
- CI - Circulação (principal, secundária ou vertical)
- EE - Espaço Externo



Obs: não se obteve a informação da localização de algumas funções do setor de infra-estrutura, como o almojarifado (AL), a administração (AD) e central de materiais (CM). Nos casos em que não aparecem, estão agrupados à função serviços (SE).



### Esquema 2.8.5 - Relação Espacial das Unidades Funcionais - Setor 5

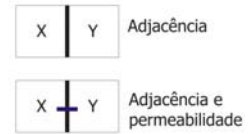
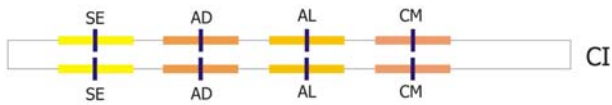
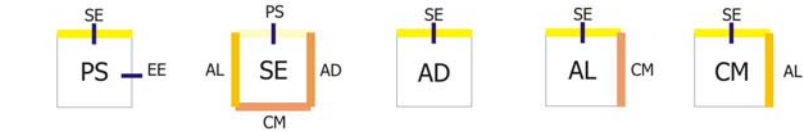
Unidades funcionais:



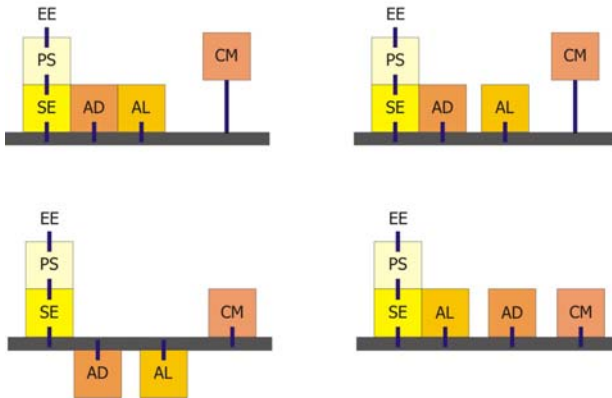
Legenda Setor 5:

- PS - Pátio de Serviço
- SE - Serviços (cozinha, lavanderia e refeitório)
- AD - Administração
- AL - Almoarifado
- CM - Central de Materiais
- H - Hall/Espera
- CI - Circulação (principal, secundária ou vertical)
- EE - Espaço Externo

Possibilidades de adjacência e permeabilidade entre unidades:



Alguns possíveis fenótipos:

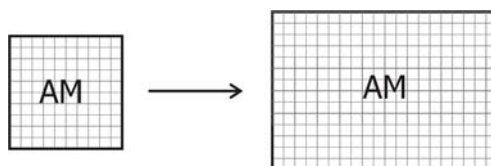


**8.** Através do cálculo das áreas das unidades funcionais (esquemas 2.9.1 e 2.9.2) e do gráfico observa-se que aquelas que apresentam maior área são, em ordem crescente, a enfermaria, o ambulatório e os serviços. A média aritmética, no entanto, é insuficiente para se detectar padrões com precisão.

O desvio padrão mostra a variação da área em torno da média, em m<sup>2</sup>. Através do coeficiente de variação observa-se que as séries mais homogêneas, ou seja, cuja área menos varia em relação à média, são: ginásio 9%, centro cirúrgico 11%, residência médica 13%. Já as séries mais heterogêneas são: almoxarifado 53%, vestiário 48%, serviços 43% e ambulatório 43%. A partir da diferença entre os coeficientes de variação observa-se que as áreas das unidades variam de diferentes maneiras, não havendo um padrão para as mesmas. O fato de haver uma heterogeneidade maior em algumas séries dá-se pelo fato de os hospitais não possuírem a mesma área total. O Sarah Pombeba, por exemplo, possui área aproximadamente quatro vezes menor que os demais hospitais, o que faz com que o coeficiente de variação aumente bastante.

Verifica-se a possibilidade de haver um padrão entre a área relativa, isto é, a relação da unidade funcional com a soma das unidades em um edifício, eliminando assim a diferença entre as áreas totais. Através do gráfico observa-se uma relação de proporção entre as funções. Embora o fato de os programas dos hospitais não serem idênticos possa causar imprecisões, observa-se um relativo padrão de proporção entre as unidades funcionais afins de cada hospital. Ao considerar somente as unidades funcionais de apartamentos, enfermarias, centro cirúrgico, laboratório e ambulatório<sup>1</sup>, verifica-se uma relação de proporção ainda maior.

**9.** As unidades funcionais são parametrizadas pela coordenação modular de 62,5cm. Essa modulação rege a compartimentação das unidades em espaços, bem como o sistema estrutural dos edifícios, que adota normalmente vãos de quatro módulos (2,5m).



Esquema.2.10. Exemplo de parametrização de uma unidade funcional de ambulatório sob a coordenação modular de 62,5cm.

<sup>1</sup> Referentes aos hospitais de Salvador, Natal, Fortaleza e Belo Horizonte.

## Esquema 2.9.1 - Relação entre as áreas absolutas das unidades funcionais

### Áreas absolutas, área média e medidas de variabilidade

Unidades Funcionais	Áreas (m <sup>2</sup> )						Área Média (m <sup>2</sup> )	Medidas de Variabilidade	
	Salvador	Natal	Fortaleza	B.H.	L.N.	Pombeba		Desvio Padrão (m <sup>2</sup> )	Coef. Variação
AU	450	830	600	420	760	0	612	162,90	0,27
CE	700	1100	870	500	1000	0	834	214,07	0,26
RM	1200	1090	1400	0	1000	0	1.173	149,23	0,13
ES	720	0	900	1300	2000	0	1.230	491,63	0,40
AM	3600	4300	4800	4200	2000	850	3.292	1.404,88	0,43
LA	1100	1060	850	660	0	0	918	176,41	0,19
CC	2300	2100	2000	1700	0	0	2.025	216,51	0,11
EN	2800	3600	4800	5400	3800	0	4.080	917,39	0,22
AP	800	1040	1600	1800	1130	0	1.274	369,63	0,29
F/H	950	0	790	1040	2400	1400	1.316	577,74	0,44
GI	0	0	0	0	1300	1090	1.195	105,00	0,09
CA	0	0	0	0	2000	840	1.420	580,00	0,41
SE	2300	3000	3700	2300	2600	360	2.377	1.022,12	0,43
AD	410		500	300			403	81,79	0,20
AL		900		600			120	540	0,59
CM	600	610	600	780			120	542	0,41
VE	900	730	1300	1200	680	100	818	393,12	0,48
A. total	18830	20360	24710	22200	20670	4880	24048		

LEGENDA:

#### Setor 1:

AU - Auditório  
CE - Centro de Estudos  
RM - Residência Médica  
ES - Escola

#### Setor 2:

AM - Ambulatório  
LA - Laboratório  
CC - Centro Cirúrgico  
VE - Vestiário

#### Setor 3:

EN - Enfermaria  
AE - Apartamentos

#### Setor 4:

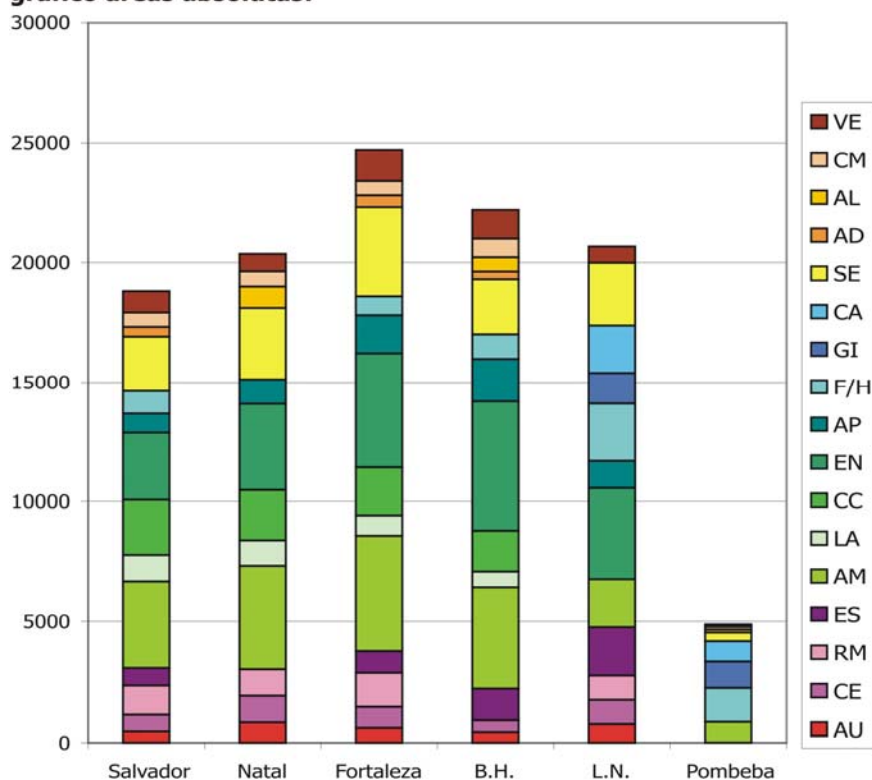
F/H - Fisio e Hidroterapia  
GI - Ginásio Esportivo  
CA - Cais

#### Setor 5:

SE - Serviços  
AD - Administração  
AL - Almoarifado  
CM - Central de Materiais

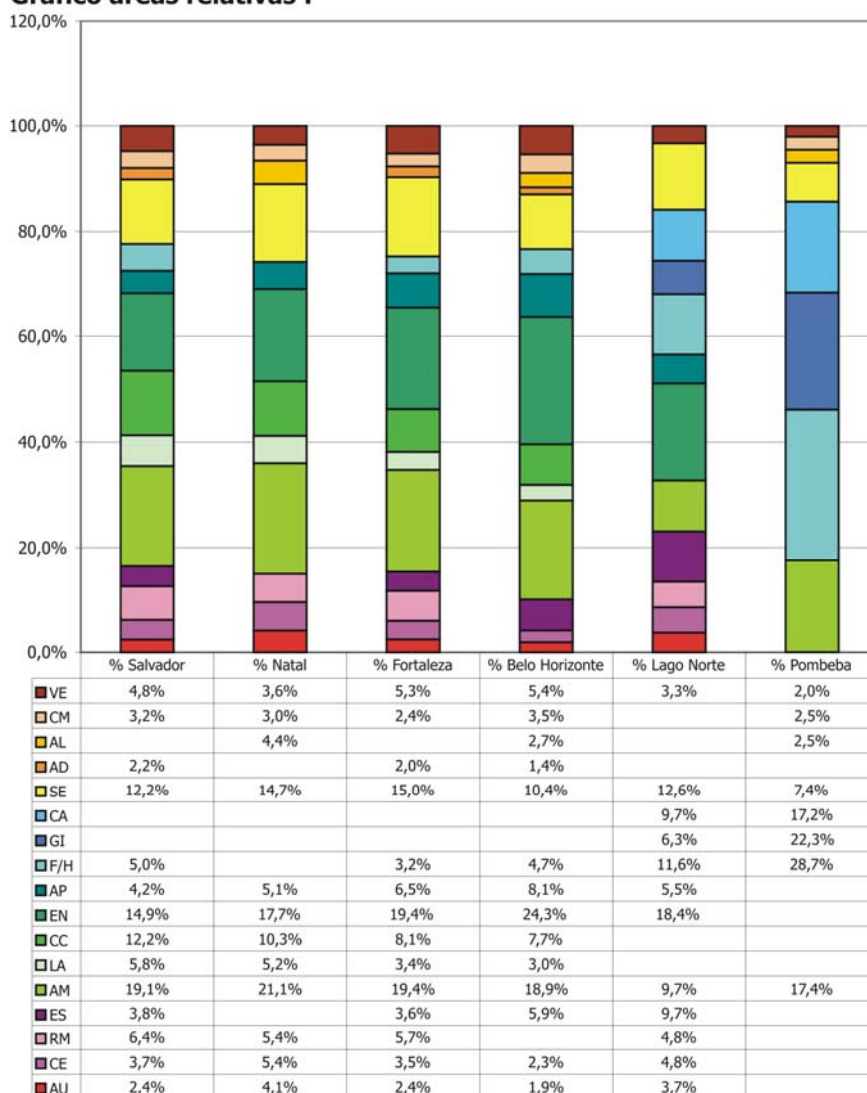
Obs: A área total (A.Total) considera a soma das áreas das funções analisadas. Não são considerados no cálculo, pátios de serviço, jardins internos, circulação, halls e esperas.

### gráfico áreas absolutas:



## Esquema 2.9.2 - Relação entre as áreas relativas das unidades funcionais

Gráfico áreas relativas :



LEGENDA:

**Setor 1:**

AU - Auditório  
CE - Centro de Estudos  
RM - Residência Médica  
ES - Escola

**Setor 2:**

AM - Ambulatório  
LA - Laboratório  
CC - Centro Cirúrgico  
VE - Vestiário

**Setor 3:**

EN - Enfermaria  
AE - Apartamentos

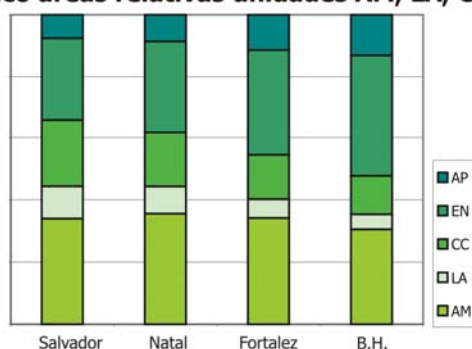
**Setor 4:**

F/H - Fisio e Hidroterapia  
GI - Ginásio Esportivo  
CA - Cais

**Setor 5:**

SE - Serviços  
AD - Administração  
AL - Almoarifado  
CM - Central de Materiais

Gráfico áreas relativas unidades AM, LA, CC, EN, AP:



## 2.2. Gramática de Formas

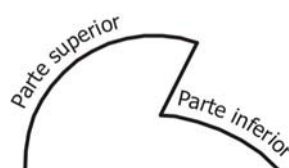
### 2.2.1. Análise da Composição de Coberturas

#### 1. Sheds e Coberturas Fechadas

**1.1.** São identificados dois **tipos** a partir da divisão de acordo com a parte superior dos perfis:

Tipo **A**: perfis que possuem a parte superior com curva convexa

Tipo **B**: perfis que possuem a parte superior com curva sinuosa.



Legenda:  
Cx = curva convexa  
Cv = curva côncava

Esquema 2.11. Identificação das partes superior e inferior.

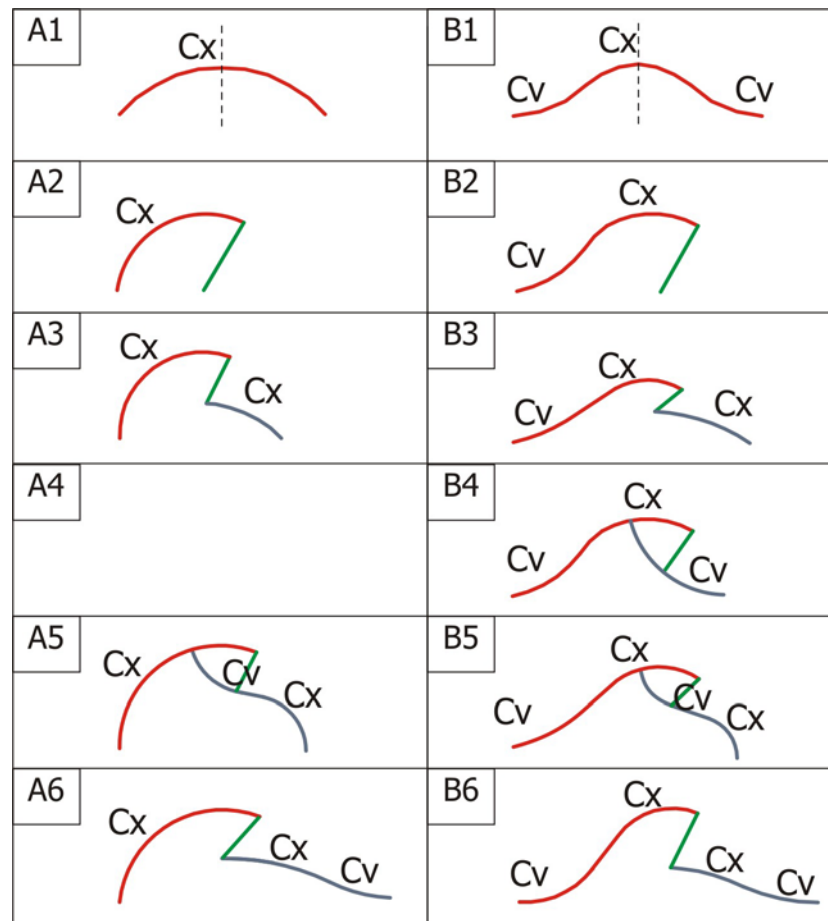
**1.2.** São identificados seis **subtipos** a partir da divisão de acordo com as seguintes características:

- 1) perfis com simetria bilateral;
- 2) perfis com inexistência da parte inferior;
- 3) perfis com parte inferior com curva convexa.
- 4) perfis com parte inferior com curva côncava prolongada até a parte superior.
- 5) perfis com parte inferior com curva sinuosa prolongada até a parte superior.
- 6) perfis com parte inferior com curva sinuosa.

**1.3.** A classificação por tipo e subtipo compreende então os seguintes perfis:

A1, A2, A3, A4, A5 e A6;

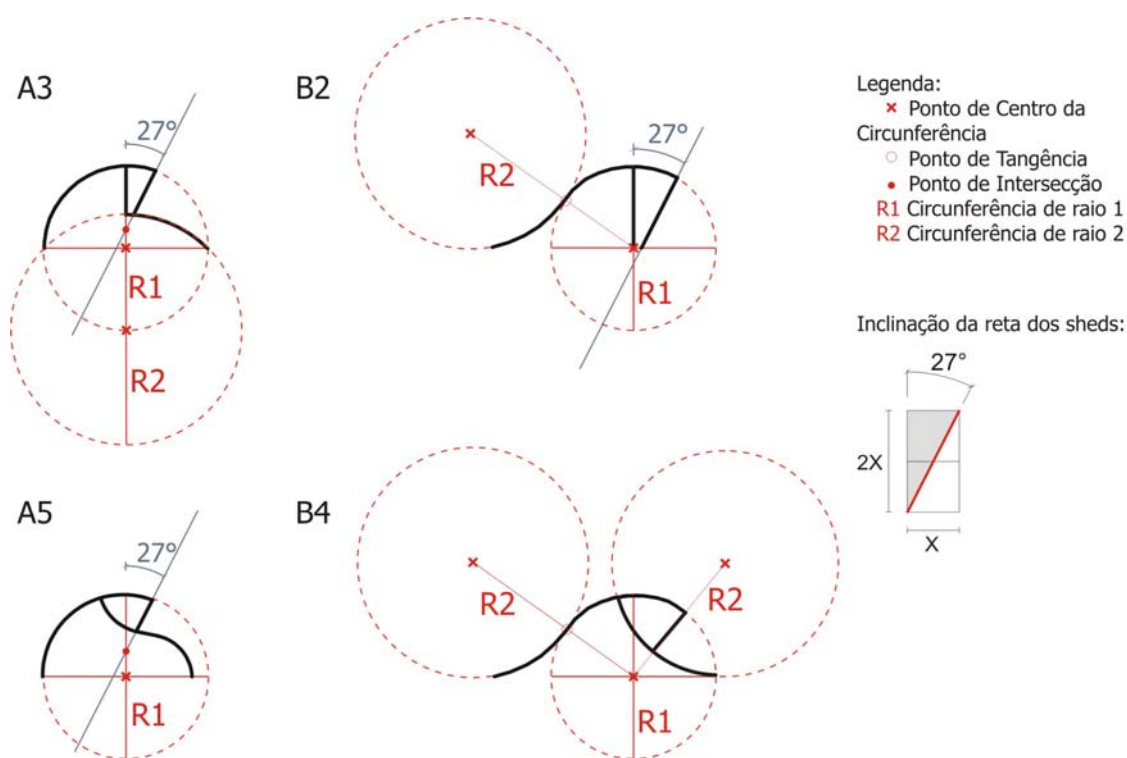
B1, B2, B3, B4, B5 e B6.

Esquema 2.12. Tipos e Subtipos de *Sheds*.

**1.4.** Em seguida, são analisadas características geométricas dos principais tipos de cobertura (A3, A5, B2 e B4) para identificar um padrão de composição e definir regras para essa composição. Por essa análise conclui-se que:

- todas as formas se originam de uma circunferência de raio R1.
- em todos os casos há a interação de outra circunferência de raio R2.
- a relação aproximada entre os raios é  $R1 = 0,7.R2$
- na maioria dos casos, o ângulo da reta inclinada é  $27^{\circ}$ <sup>2</sup>. No caso da figura B4, a reta inclinada coincide com o centro da circunferência R1.

<sup>2</sup> O ângulo de  $27^{\circ}$  coincide com a diagonal formada pela união entre dois quadrados. Os ângulos de toda a amostra analisada variam entre  $27^{\circ}$  e  $46^{\circ}$ :  
 $27^{\circ} \leq \gamma \leq 46^{\circ}$



Esquema 2.13. Características geométricas dos perfis A3, A5, B2 e B4.

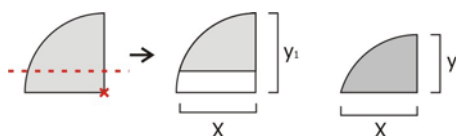
**1.5.** A etapa seguinte identifica regras de composição da estrutura formal dos *sheds* e coberturas fechadas aplicadas sobre o vocabulário encontrado. A forma inicial (F0) do vocabulário das coberturas é 1/4 círculo. A partir da aplicação de regras sobre essa figura são obtidas todas as formas de coberturas que compõem a amostra.



Esquema 2.14. Forma Inicial F0.

**Regra 1:** Subtração da base de F0.

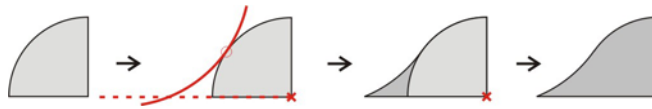
Gerada por uma reta que intercepta a figura horizontalmente. É uma regra opcional, uma vez que podem ocorrer diferenças de parâmetros em exemplares de mesma tipologia<sup>3</sup>.



Esquema 2.15. Regra 1.

<sup>3</sup> Encontrou-se os seguintes valores para a razão da altura sobre a largura da figura :  $0,6 > y_2/x > 1$ .

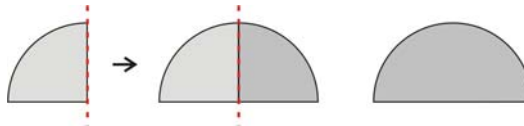
**Regra 2:** Transformação da curva convexa de F0 em curva sinuosa. Gerada por operação de adição através da tangência de uma circunferência.



Esquema 2.16. Regra 2.

**Regra 3:** Reflexão de F0.

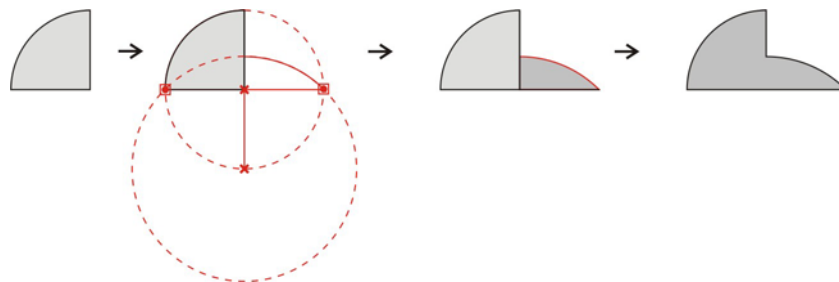
Gerada por um eixo de reflexão localizado no centro geométrico da forma.



Esquema 2.17. Regra 3.

**Regra 4:** Adição de curva convexa a F0.

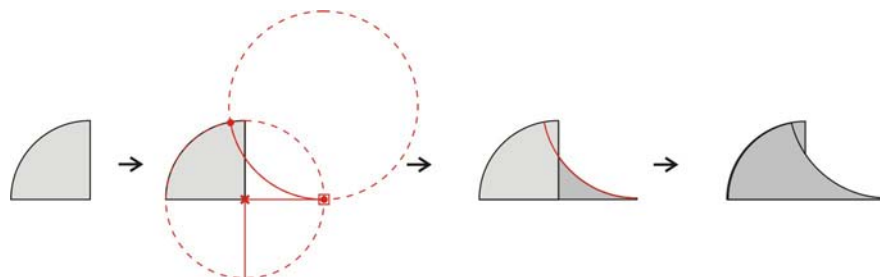
Gerada pela intersecção com circunferência cujo centro é o quadrante inferior e os pontos de tangência são os quadrantes esquerdo e direito da circunferência original de F0.



Esquema 2.18. Regra 4.

**Regra 5:** Adição de curva côncava a F0.

Gerada pela intersecção da figura inicial com uma circunferência cujo ponto de tangência é o quadrante direito do primeiro com o quadrante inferior do segundo.

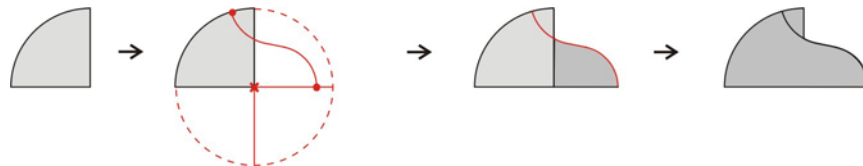


Esquema 2.19. Regra 5.



**Regra 6:** Adição de curva sinuosa a F0.

Gerada pela intersecção da figura inicial com curva sinuosa cujo ponto inicial está no eixo geométrico horizontal e o ponto final na curva de F0.



Esquema 2.20. Regra 6.

**Regra 7:** Adição da figura de curva sinuosa a F0.

A figura adicionada é gerada pela regra 3 seguida de reflexão.

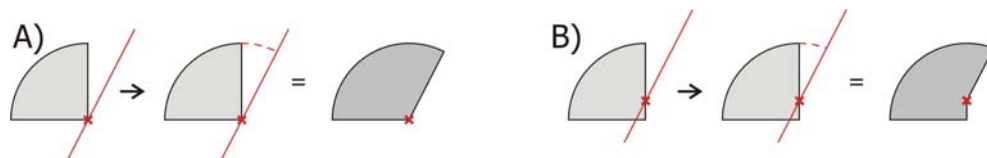


Esquema 2.21. Regra 7.

**Regra 8:** Adição de um setor de círculo, geralmente de 27°.

Gerada por uma reta que pode tangenciar a figura de duas maneiras:

- No ponto central da circunferência de origem de F0.
- A  $\frac{1}{3}$  da altura do centro de F0.



Esquema 2.22. Regra 8.

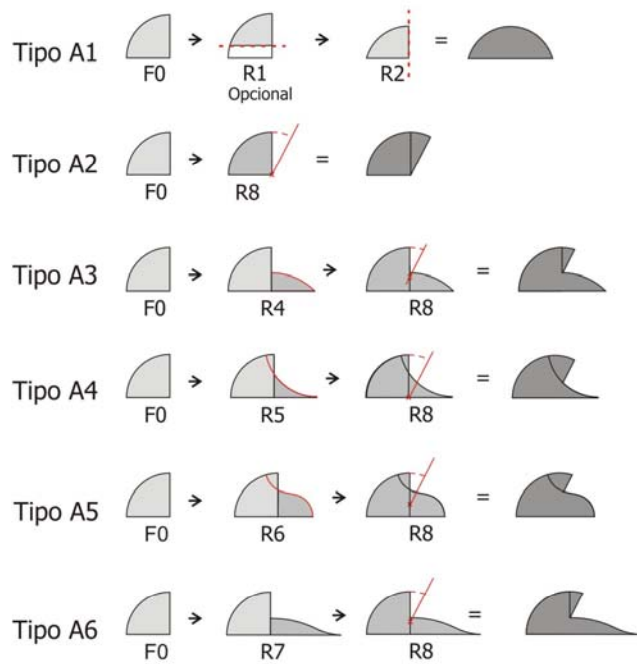
**1.6.** As tipologias são geradas com a aplicação das regras. A ordem da aplicação é indiferente para o resultado final. Em seguida são apresentados os processos generativos das tipologias **A** e **B** (Esquema 2.23):

**2. Componentes Acessórios**

**2.1.** Os componentes acessórios (marquises independentes e cascas) também são divididos em tipologias de acordo com sua estrutura formal.

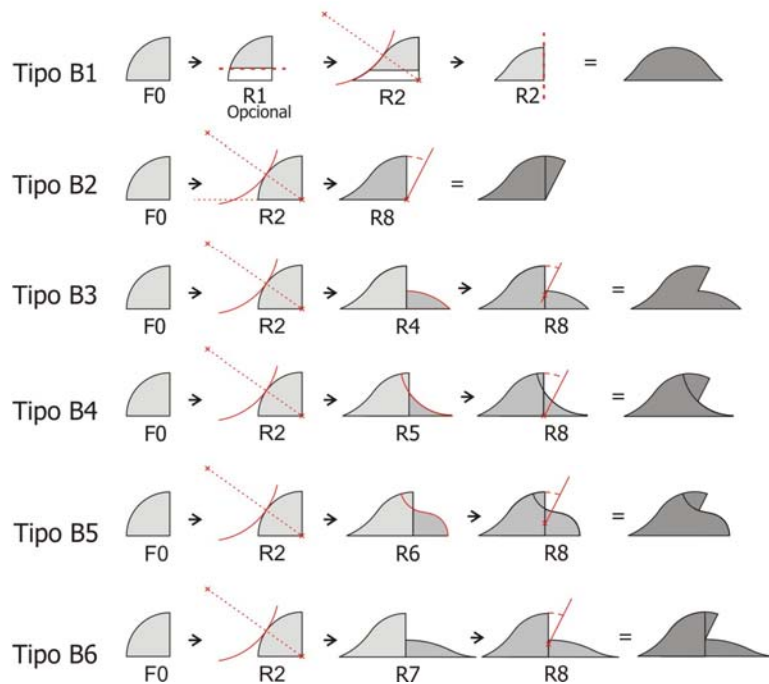
**C1:** marquise de acesso composta por uma reta e uma curva convexa. Aparece justaposta às fachadas.

### Processo Generativo Tipologia A



Legenda:  
 F0 = forma inicial  
 R1 = regra 1  
 R2 = regra 2  
 R3 = regra 3  
 R4 = regra 4  
 R5 = regra 5  
 R6 = regra 6  
 R7 = regra 7  
 R8 = regra 8

### Processo Generativo Tipologia B



Esquema 2.23. Processo generativo das tipologias A e B.



Figura 2.1. Marquise de acesso tipo C1 do Sarah Fortaleza.

**C2:** marquise derivada do tipo C1 através da operação de reflexão da forma. Independente do edifício principal.



Figura 2.2. Marquise para embarque e desembarque tipo C2 do Sarah Salvador.

**D1:** marquise de acesso composta por uma reta e uma curva sinuosa. Aparece justaposta às fachadas.



Figura 2.3. Marquise de acesso tipo D1 do Sarah Belo Horizonte.

**D2:** marquise derivada do tipo D1 através da operação de reflexão da forma. Independente do edifício principal.

**D3:** marquise derivada do tipo D1 através da operação de reflexão da forma, porém com a substituição da parte reta por uma forma do tipo B1. Independente do edifício principal.

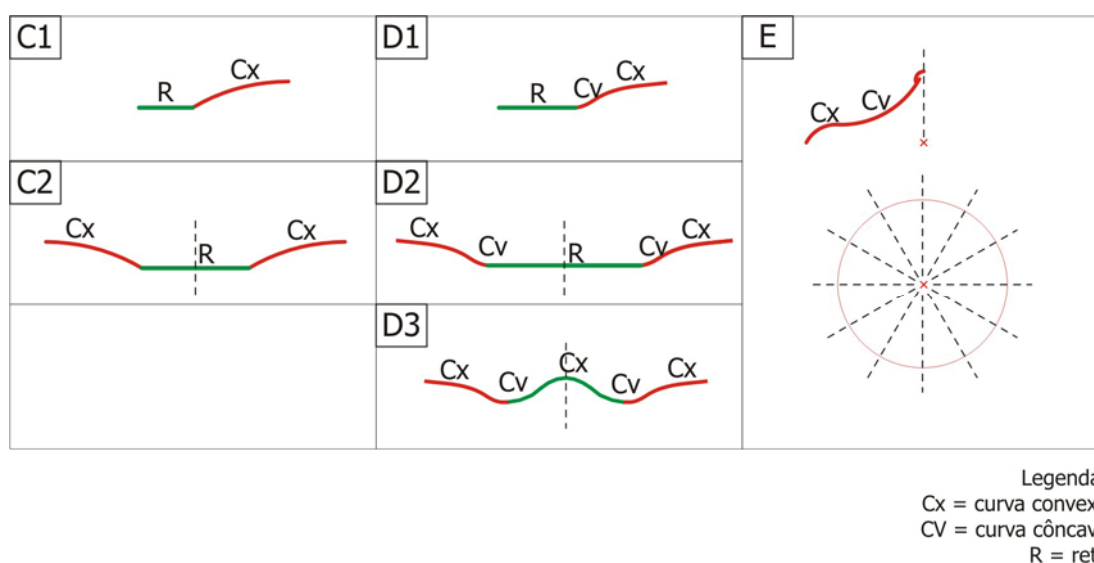


Figura 2.4. Marquise tipo D3 do Sarah Lago Norte.

**E:** casca de cobertura tipo pavilhão (independente do corpo principal do edifício). Sua forma é gerada pela rotação de uma curva sinuosa entorno de um eixo.



Figura 2.5. Casca de cobertura da escola de excepcionais do Sarah Lago Norte.



Esquema 2.24. Componentes acessórios.

### 3. Ocorrência nos Hospitais

A volumetria dos hospitais é conferida pela composição dos *sheds*, coberturas fechadas, marquises e cascas. Os *sheds*, coberturas fechadas e marquises são formados a partir da extrusão dos perfis (geratrizes) ao longo de um segmento de reta (diretriz). O parâmetro de extrusão é dado pela coordenação modular e pelo tamanho do vão a ser coberto.

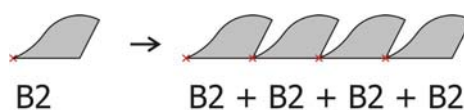
As seções transversais dos hospitais revelam que a volumetria destes é composta não somente pela extrusão de um perfil, mas sim pela extrusão de perfis em série, seja pela repetição de um mesmo (translação), seja pela repetição com escalonamento, bem como pela combinação de perfis distintos.

A ocorrência das formas nos hospitais da amostra é vinculada a múltiplos de quatro da modulação de 0,65m, ou seja, vãos de 2,5m. É sobre esta medida que a maioria das formas é coordenada.

As tipologias com maior recorrência são B2 e A3 para *sheds* e B1 e A1 para coberturas fechadas.

As tipologias são reproduzidas através de operações de simetria do tipo translação e parametrização do tipo mudança de escala. Também é recorrente a combinação de diferentes tipologias.

**Regra 1:** translação da figura (tipologia escolhida).

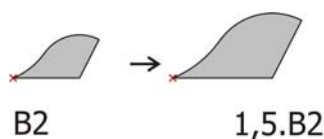


Esquema 2.25. Regra 1.



Figura 2.6. Exemplo de translação de perfis no Sarah Pombeba.

**Regra 2:** mudança de escala (tipologia escolhida)<sup>4</sup>.



Esquema 2.26. Regra 2.

<sup>4</sup> O módulo 4 (2,5m) apresenta maior ocorrência. Por isso essa medida é fixada como base para a mudança de escala.

Logo, se  $4=x$ , temos:

$3 = 0,75x$

$4 = x$

$5 = 1,25x$

$6 = 1,5x$

$7 = 1,75x$

$8 = 2x$

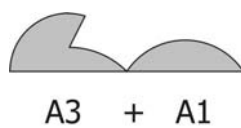
$9 = 2,25x$

$10 = 3x$



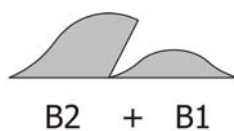
Figura 2.7. Exemplo de mudança de escala de perfis no Sarah Pombeba.

**Regra 3:** combinação da tipologia A3 com A1.



Esquema 2.27. Regra 3.

**Regra 4:** combinação da tipologia B2 com B1.















Esquema 2.28. Regra 4.



Tipologias Predominantes	Translação	Mudança de escala	Combinação de tipos	Módulo predominante	Ocorrência
B2, B1				4	Salvador, Belo Horizonte, Lago Norte
A3, A1				5	Natal, Fortaleza
B3					Pombeba

Esquema 2.30. Ocorrência das tipologias nos hospitais.

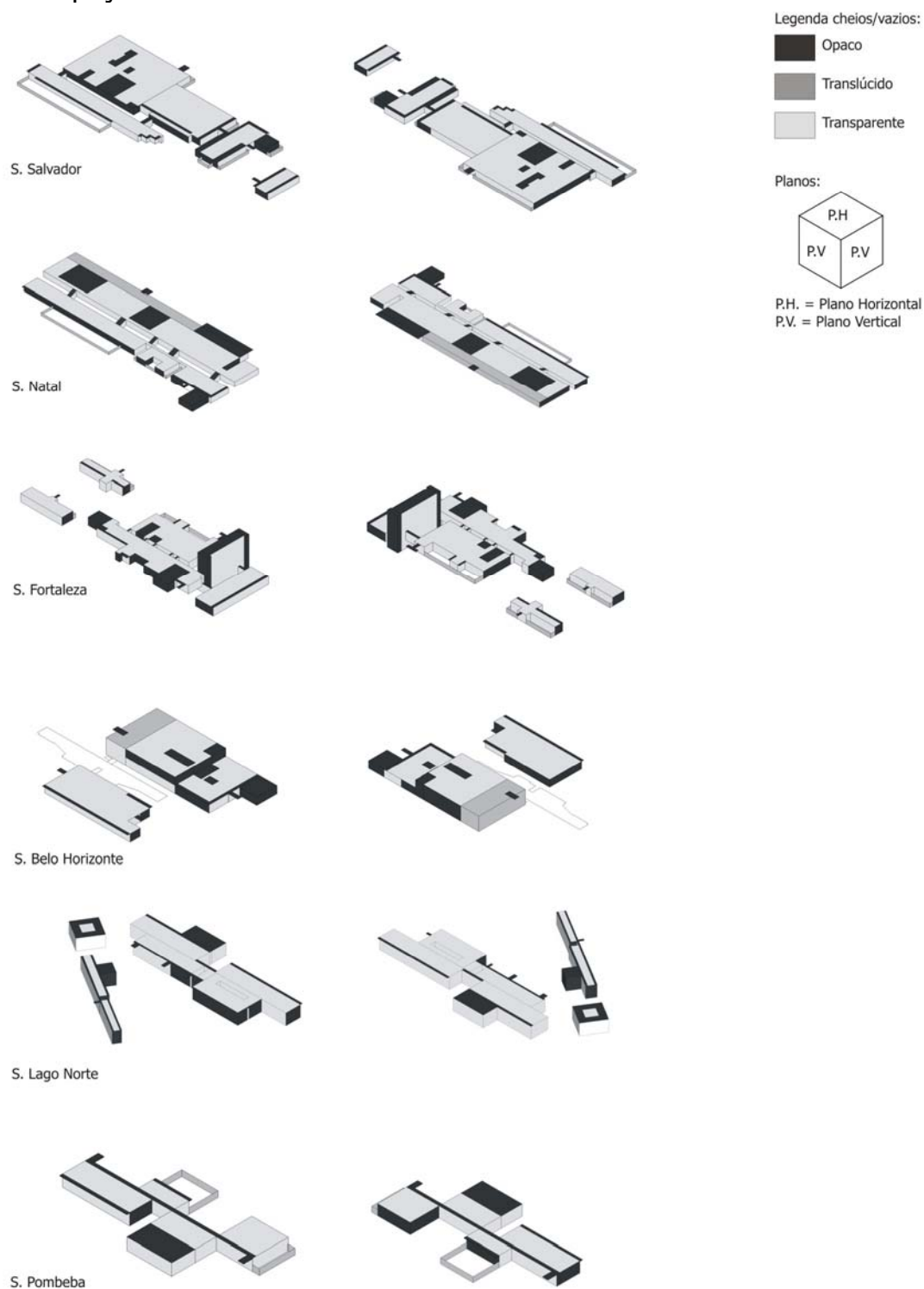
		Forma	Aplicação
Não-serializáveis	A1		Grandes vãos Modulação > 12
	A5		
	B4		
	E		
	C1		Marquises
	D1		
	C2		
	D2		
Serializáveis	A1		Cobertura fechada Modulação < 12
	B1		
	A3		Sheds Modulação < 12
	B2		

Esquema 2.31. Forma e aplicação das tipologias nos hospitais.



### 2.3. Gramática de Cores

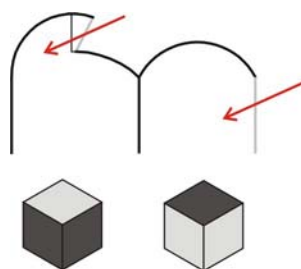
Os seis hospitais foram analisados de acordo com a ocorrência de planos cheios e vazios (Esquema 2.32), e estes, por sua vez, foram relacionados às funções dos espaços onde ocorrem.



Esquema 2.32. Relação de cheios e vazios nos planos verticais e horizontais.

Por essa análise pode-se concluir que:

**1.** Há uma tendência de oposição de planos, onde a ocorrência de um plano horizontal cheio requer um plano vertical vazio, e vice-versa (Esquema 2.33). Desse modo, no caso de haver janelas numa fachada, o mais comum é que o plano horizontal possua cobertura fechada. Do contrário, uma fachada cega, sem aberturas, normalmente se relaciona a um plano horizontal com *sheds*.



Esquema 2.33. Padrão de cheios e vazios – Escuro = Cheio; Claro = Vazio.

**2.** Observa-se planos horizontais fechados em regiões mais centrais das plantas. Essas porções coincidem com os espaços de centro cirúrgico, radiologia e parte do laboratório, que precisam de climatização artificial. Assim como os auditórios, que constituem volumes fechados justapostos ao edifício principal. Os cais, quando ocorrem, são fechados na parte superior. As bordas dos edifícios possuem muitas vezes fechamentos na cobertura, formando varandas. Essas varandas são recorrentes em funções como serviços, escola e residência médica (Esquema 2.34).

**3.** Os principais componentes opacos, translúcidos e transparentes podem ser classificados pelos tipos ocorrentes nos planos vertical e horizontal (Esquema 2.35).

Os componentes opacos utilizados em planos verticais são: painel simples modular de argamassa-armada (l. 62,5cm) e painel duplo modular de argamassa-armada (l. 62,5cm).

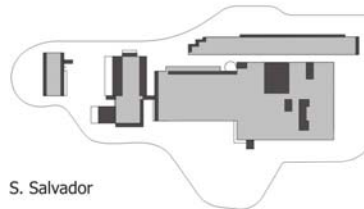
Os componentes opacos utilizados em planos horizontais são: cobertura metálica com perfil tipo A1 e cobertura metálica com perfil tipo B1.

O componente translúcido utilizado no plano vertical é o painel simples modular vazado de argamassa-armada (l. 62,5cm).

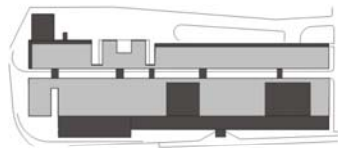
Os componentes transparentes utilizados em planos verticais são: painel correção de acrílico ou vidro com perfis metálicos (l.125cm); painel

corredoiço de acrílico ou vidro com perfis metálicos e toldo metálico (l.125cm); bandeira de vidro com perfis metálicos (l.250cm).

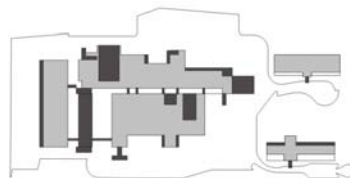
### Cheios e Vazios



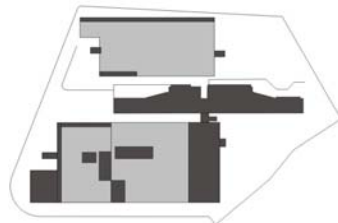
S. Salvador



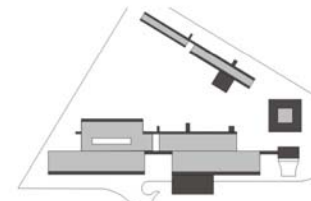
S. Natal



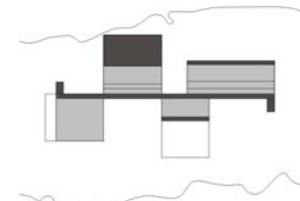
S. Fortaleza



S. Belo Horizonte

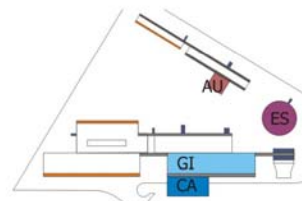
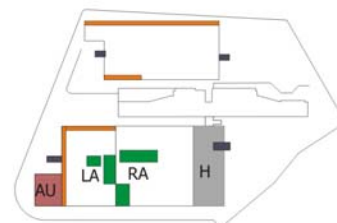
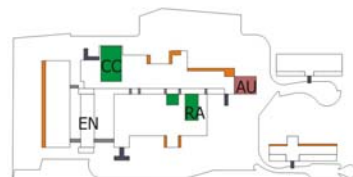
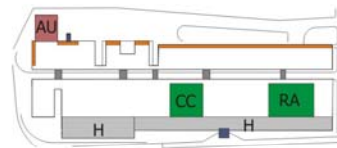
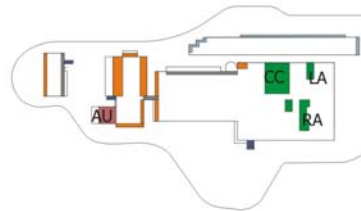


S. Lago Norte



S. Pombeba

### Unidades funcionais

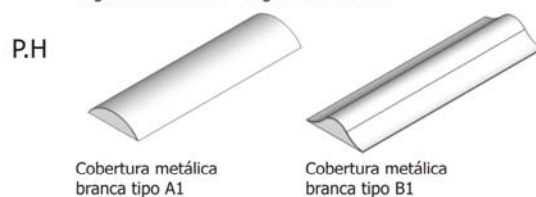
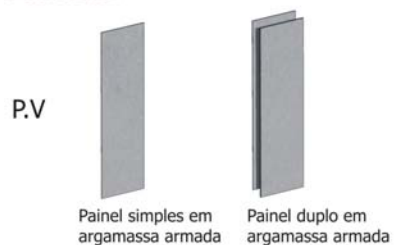


- Radiologia do ambulatório (RA)  
Laboratório (LA)  
Centro Cirúrgico (CC)
- H Hall/espera do ambulatório
- PS Pátio de serviço
- AU Auditório
- ES Escola
- CA Cais
- GI Ginásio esportivo
- Marquise Acesso
- Circulação (periférica ou de conexão)
- Varanda
- Demais unidades funcionais

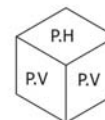
Esquema 2.34. Relação de cheios e vazios com as unidades funcionais.

Os componentes transparentes utilizados em planos horizontais são: *shed* metálico com perfil tipo A2, A3, A5 ou A6; *shed* metálico com perfil tipo B2, B3, B4, B5 ou B6.

### Fechado:

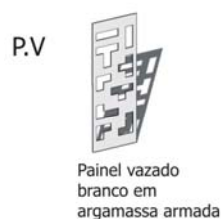


Planos:

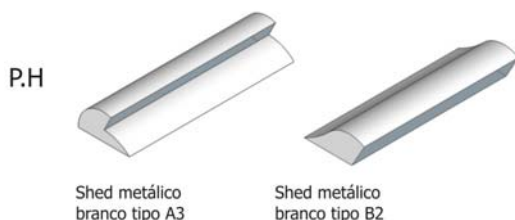
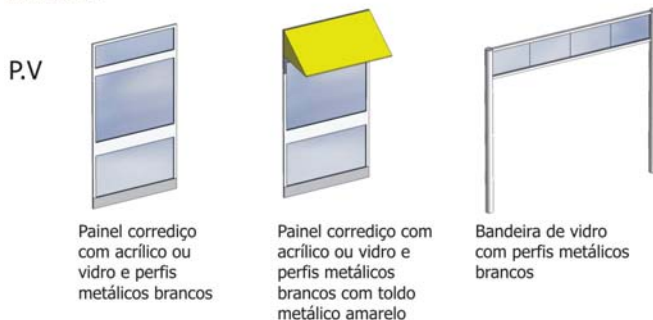


P.H. = Plano Horizontal  
P.V. = Plano Vertical

### Translúcido:



### Aberto:



Esquema 2.35. Vocabulário de componentes construtivos serializados.

**4.** Espaços de circulação, que conectam os principais setores funcionais, apresentam painéis corredeços de acrílico ou vidro nos planos verticais (Esquemas 2.36 e 2.37). Sua coberturas são geralmente fechadas, porém,

observa-se em alguns a existência de *sheds* metálicos. Podendo submeter-se às regras:

P.H. = Cobertura Tipo A1

P.V. = Painel correção de acrílico ou vidro com perfis metálicos brancos.

ou,

P.H. = Cobertura Tipo A1

P.V. = Painel correção de acrílico ou vidro com perfis metálicos brancos com toldo metálico amarelo.

Onde P.V. é plano vertical e P.H. é plano horizontal.

Os halls dos ambulatórios, onde o acesso não é controlado, têm seu espaço constituído por grandes coberturas metálicas em arco e aberturas com brises. Esse tratamento confere boa iluminação e ventilação a espaços geralmente densamente ocupados, que funcionam como sala de espera e acesso aos demais setores do hospital.

Os demais halls também são iluminados, porém cobertos com *sheds* metálicos.

Em todos os acessos, Lelé confere marcação através do emprego de marquises de proteção metálicas, geralmente na cor vermelha, em contraste com o branco predominante.

Pátios de serviço e jardins são geralmente delimitados por cercas compostas por elementos vazados em argamassa-armada. Esses elementos conferem um caráter de translucidez a esses espaços, permitindo sua iluminação e ventilação sem no entanto deixá-los muito expostos ao espaço externo ao edifício. A regra para esses espaços é:

P.V. = Painel branco vazado em argamassa-armada

Os setores de internação apresentam uma transição entre interior e exterior conferida por varandas. Cujas regras são:

P.H. = Cobertura tipo A1

ou,

P.H. = Cobertura tipo B1

Nas enfermarias horizontais as coberturas são em *sheds* e os terraços conectam-se a pátios e jardins. Nas enfermarias verticais as coberturas são com lajes e os terraços são suspensos, empregando estruturas de argamassa-armada tipo cogumelo.

Centro-cirúrgico, parte do laboratório, radiologia e auditório são espaços sem relação com o exterior. Essas unidades funcionais são opacas, iluminadas e climatizadas artificialmente. São constituídas por painéis de argamassa-armada nas paredes e cobertura metálicas fechadas, definindo as regras:

P.H. = Cobertura tipo A1

P.V. = Painel duplo de argamassa-armada.

ou,

P.H. = Cobertura tipo B1

P.V. = Painel duplo de argamassa-armada.

Nos auditórios, Lelé emprega grandes coberturas metálicas com perfil similar ao de *sheds*, porém em escala maior e sem abertura.

Os demais setores do hospital são cobertos por *sheds* metálicos e fechados por painéis de argamassa-armada, de acordo com as regras:

P.H. = Cobertura Tipo A3

P.V. = Painel de argamassa-armada, simples ou duplo.

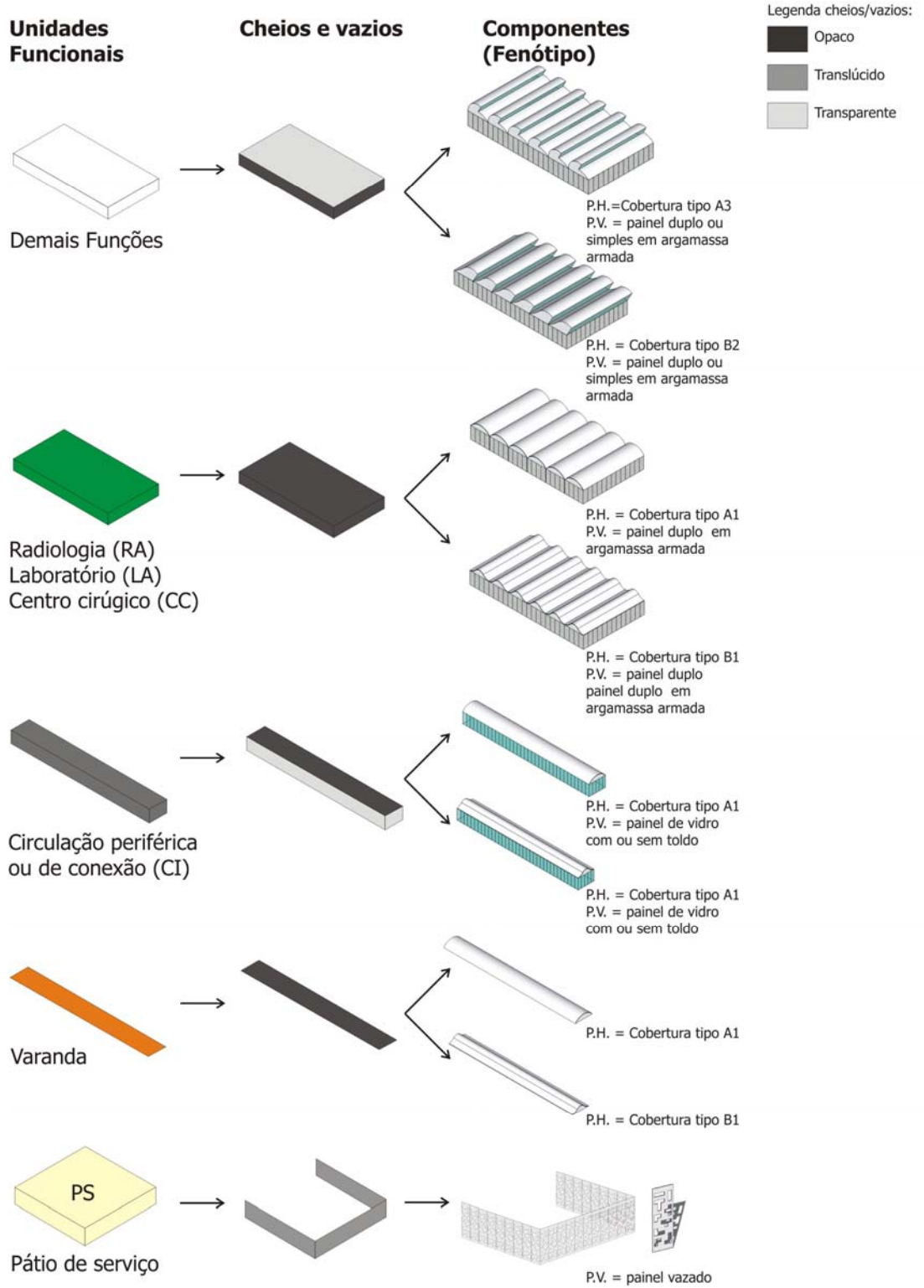
ou,

P.H. = Cobertura Tipo B2

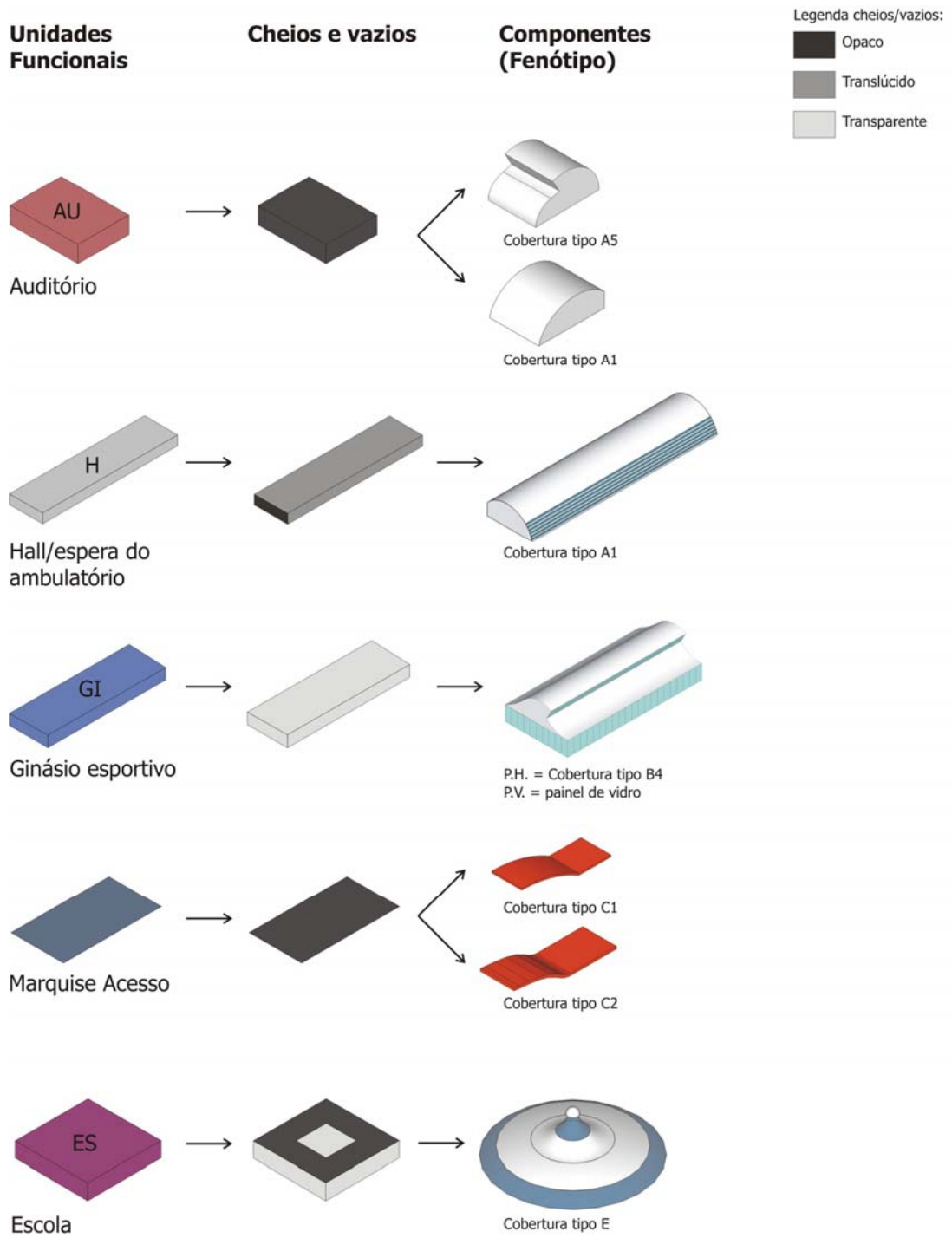
P.V. = Painel de argamassa-armada, simples ou duplo.

Quando os espaços possuem alguma abertura, esta é feita por painéis corrediços de acrílico ou vidro. Os painéis corrediços podem possuir toldos metálicos quando não possuem marquise de proteção e recebem insolação direta e constante.

Paredes externas e paredes com instalações e/ou dutos de ventilação são duplas, formadas por dois painéis de argamassa-armada. As paredes divisórias internas são formadas por painéis simples.



Esquema 2.36. Regras dos componentes serializados.



Esquema 2.37. Regras dos componentes não-seriados.



# 3. Resultados

## **Capítulo 3. Resultados**

### **3.1. Resultados da Análise da Articulação Espacial**

A análise da articulação espacial dos hospitais empregando a Sintaxe Espacial possibilitou a identificação de um padrão que transcende a forma dos edifícios projetados por Lelé.

De acordo com os resultados observados nos cálculos de integração e profundidade observa-se que, o formato dos edifícios bem como os partidos adotados, não afetam a hierarquia dos espaços, isto é, a hierarquia espacial não depende da forma do edifício ou de sua organização em níveis.

A análise da relação entre os setores funcionais reforça esses dados, mostrando que Lelé articula esses setores respeitando padrões topológicos e de permeabilidade, sem, no entanto, limitar-se a um mesmo fenótipo. O arquiteto emprega um vocabulário de setores que são combinados através do emprego de regras restritas, obtendo diferentes formatos de plantas.

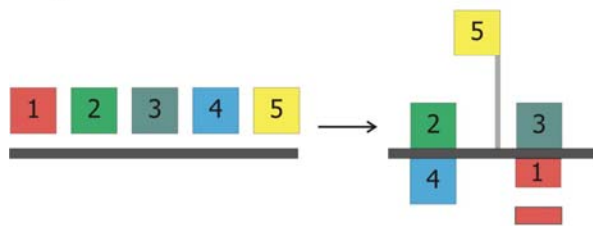
As restrições impostas pelo lote não afetam a articulação entre os setores nem a relação destes com o todo, do mesmo modo que não comprometem a organização a partir de eixos ordenadores uma vez que estes podem seccionar-se ou conectar-se a eixos verticais para se adaptar a diferentes condições de relevo e área de projeção dos edifícios.

A partir da análise da articulação espacial destaca-se a recorrência dos seguintes atributos:

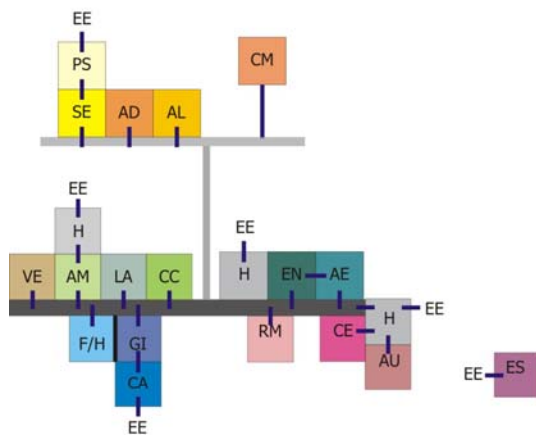
- 1.** Organização dos setores ao longo de um eixo ordenador que apresenta a maior integração do sistema.
- 2.** Setor ambulatorial sempre conectado ao eixo ordenador.
- 3.** Possibilidade de verticalização dos setores contanto que preservando as mesmas relações de permeabilidade observadas em soluções horizontais.
- 4.** Dimensionamento dos setores a partir de modulação de 62,5cm.
- 5.** Existência de um padrão de proporção de áreas entre as unidades funcionais.
- 6.** Unidades de almoxarifado, serviços, vestiário e ambulatório são as que apresentam a maior variação de área em relação ao programa de cada hospital, sem, no entanto, perder a proporção.
- 7.** Unidades de ginásio, residência médica e centro cirúrgico são as que apresentam menor variação de área em relação ao programa de cada hospital.

Para exemplificar a geração da planta de um hospital Sarah, foi sintetizado um possível fenótipo dentro da linguagem de Lelé.

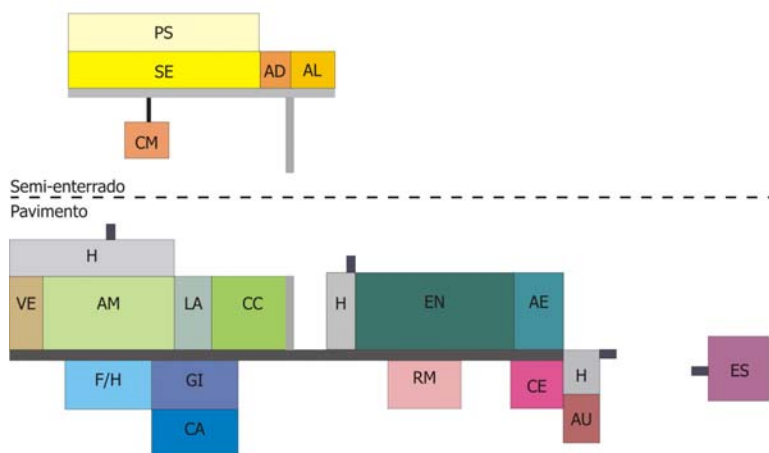
Posição dos setores funcionais no eixo ordenador:



Relação espacial de adjacência e permeabilidade entre as unidades funcionais:



Proporção entre as unidades funcionais:



Legenda Setores Funcionais:

- Setor 1
- Setor 2
- Setor 3
- Setor 4
- Setor 5

Setor 1:

- AU - Auditório
- CE - Centro de Estudos
- RM - Residência Médica
- ES - Escola

Setor 2:

- AM - Ambulatório, Radiologia, Ortopedia, Administração.
- LA - Laboratório e Arquivo Médico
- CC - Centro Cirúrgico, 1º estágio, Internação e Alta
- VE - Vestiário

Setor 3:

- EN - Enfermaria
- AE - Apartamentos

Setor 4:

- F/H - Fisioterapia e Hidroterapia
- GI - Ginásio Esportivo
- CA - Cais

Setor 5:

- PS - Pátio de Serviço
- SE - Serviços (cozinha, lavanderia e refeitório)
- AD - Administração
- AL - Almojarifado
- CM - Central de Materiais

Esquema 3.1. Síntese da articulação espacial.

### 3.2. Resultados da Análise da Composição da Forma das Coberturas

A análise da composição da forma das coberturas dos hospitais empregando as Gramáticas de Formas possibilitou a identificação de uma linguagem formal que caracteriza os edifícios que compõem a amostra.

A análise dos perfis definindo um vocabulário de formas e um conjunto de regras possibilitou a síntese da estrutura formal de todos os perfis que compõem as coberturas dos edifícios da amostra (Esquema 3.2). Essa síntese possibilita não somente a geração dos perfis, como também a combinação de perfis, sua parametrização e a composição da volumetria dos edifícios.

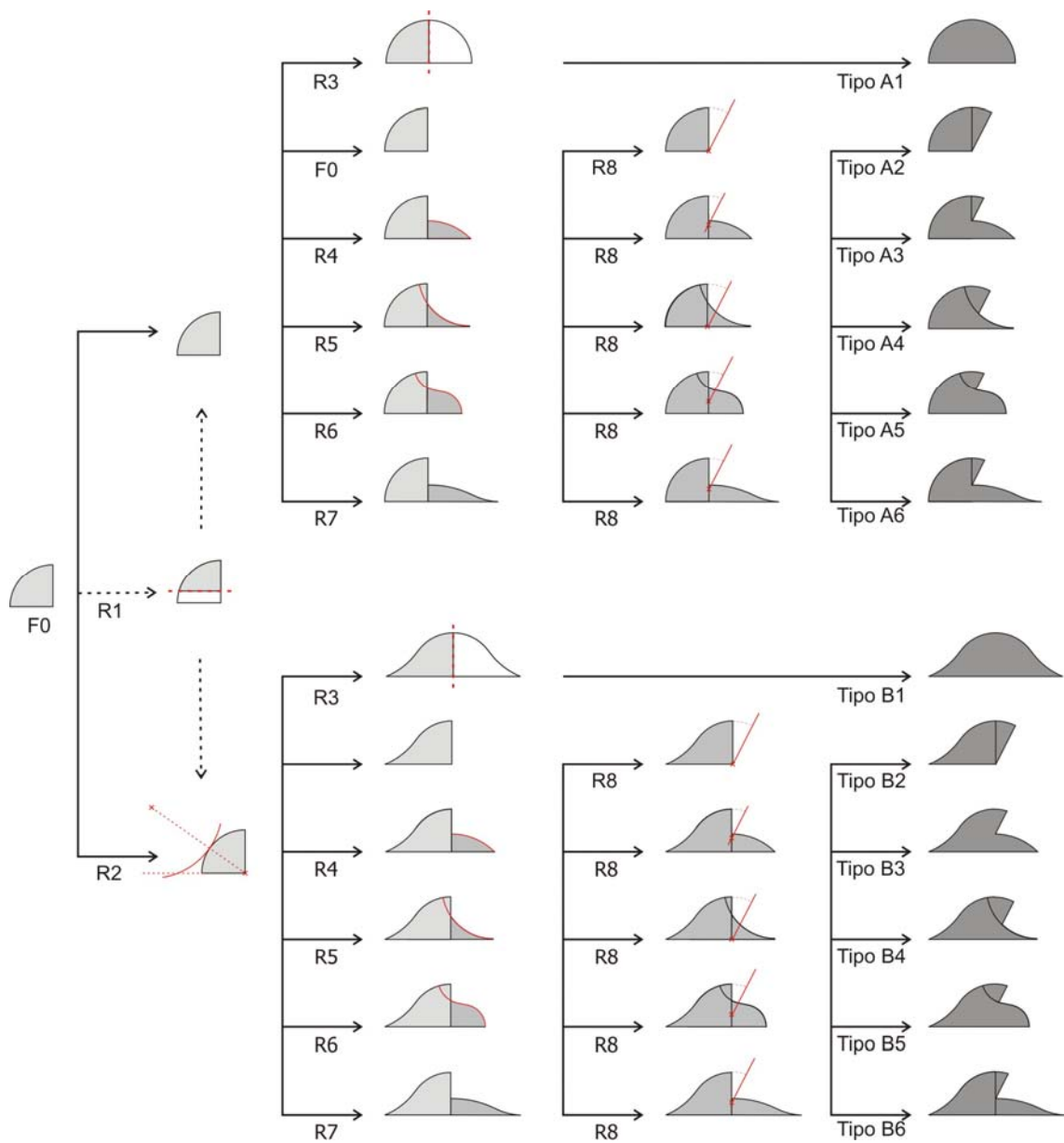
As Gramáticas de Formas possibilitam a identificação da linguagem de Lelé para a Rede Sarah, caracterizando um estilo arquitetônico próprio que reproduz somente as formas empregadas nos edifícios da rede. A gramática elaborada possibilita também a geração de novas formas de acordo com essa linguagem ou estilo.

A identificação da linguagem de Lelé para a Rede Sarah distingue a sua obra das que se submetem às restrições impostas pela produção industrial, mostrando que o arquiteto obtém variação e adaptabilidade a despeito de um vocabulário limitado. Essa linguagem permite variadas soluções que mantêm uma mesma identidade.

A partir da análise da composição da forma das coberturas destaca-se a recorrência dos seguintes atributos:

1. Os perfis que dão origem às coberturas são gerados a partir de  $1/4$  de circunferência.
2. O vocabulário de formas é composto por figuras geradas a partir de circunferências e segmentos de reta.
3. Os segmentos de reta empregados possuem na maioria a inclinação de  $27^\circ$ . Ângulo dado pelo traçado de uma diagonal entre dois quadrados.
4. A composição dos perfis é na maioria dos casos submetida a regras de adição.
5. Os perfis dos *sheds* e coberturas fechadas podem ser classificados em duas tipologias básicas: A e B.
6. Os perfis dos *sheds* e marquises de borda podem ser submetidos ou não à regra de subtração (R1) da base da forma inicial (F0).
7. Os componentes acessórios (marquises independentes e cascas) são gerados a partir do vocabulário de formas que compõem os *sheds* e coberturas fechadas, porém submetidos a diferentes regras.
8. A análise do genótipo das seções transversais dos hospitais revela que os mesmos são compostos pela translação de perfis com ou sem escalonamento, bem como pela combinação de perfis.
9. A combinação de perfis é em sua maioria de um perfil de *shed* com um perfil de cobertura fechada.
10. Os perfis com maior recorrência são B1, B2, A1 e A3.

- 11.** O vão com maior recorrência é de 2,5m (4 x o módulo de 62,5cm).



Esquema 3.2. Síntese da articulação formal.

### 3.3. Resultados da Análise da Articulação dos Componentes Construtivos

A análise da articulação dos componentes construtivos empregando conceitos das Gramáticas de Cores possibilitou a identificação de padrões no tratamento das superfícies.

Steadman (2003) propõe a relação entre a iluminação natural e a acessibilidade, considerando que esta é definida não somente pela relação de um espaço com outros espaços, mas também com o modo como um espaço é percebido em virtude da luz natural que recebe. A modelagem da articulação dos componentes construtivos identificou relações de transparência (luz) e opacidade (sombra) com espaços mais e menos acessíveis (integrados). Observa-se que os corredores que atuam como eixos ordenadores dos hospitais não somente são os espaços mais integrados e acessíveis, como revelado pela Sintaxe Espacial, mas também são alguns dos espaços onde Lelé mais aproveita a luz natural. Essa qualificação potencializa a acessibilidade desses espaços, uma vez que pelo fato de serem bem iluminados e possuírem relação visual com o exterior e os espaços adjacentes têm sua leitura em relação ao todo do edifício facilitada por parte dos usuários. Um espaço integrado e transparente pode ser diferente de um espaço integrado e sem relação com o exterior.

“A luz é um aspecto primordial na arquitetura. Uma coisa que se nota no desenvolvimento do meu trabalho é uma preocupação cada vez maior com o uso da luz natural. (...) O mais curioso de tudo, confesso, é que nunca defendi a luz natural pelo fato de ser mais econômico. Defendia pelo fato de ser mais agradável.” (Lelé, 2004).

A partir da análise da articulação dos componentes construtivos observa-se a recorrência dos seguintes atributos:

1. Espaços mais opacos, com pouca relação com o exterior, são intercalados com espaços mais transparentes. Pode-se observar este fato através dos esquemas de cheios e vazios; onde as áreas pretas (opacas) distribuem-se de maneira homogênea e as brancas (transparentes) predominam em relação ao todo.
2. Planos verticais opacos articulam-se com planos horizontais transparentes, e vice-versa. A partir dessa constatação pode-se definir a regra:

P.V aberto = P.H. fechado

P.V. fechado = P.H. aberto

Onde P.V. é plano vertical e P.H. é plano horizontal.

3. Os componentes empregados caracterizam um sistema construtivo plano-linear. Este tipo de sistema consiste na articulação de elementos

planos (painéis e chapas) e lineares (barras e perfilados). Através da sua articulação constituem-se os espaços e a volumetria dos edifícios.

- 4.** Os materiais predominantes na constituição dos componentes são a argamassa-armada (planos) e o metal (planos, barras e perfis).
- 5.** As cores predominantes nas superfícies são o cinza (paredes); branco (superfícies metálicas e painéis vazados); vermelho (marquises de acesso); amarelo e azul (detalhes como brises e toldos).
- 6.** Todos os espaços tendem a ser iluminados naturalmente, seja pelos planos verticais ou horizontais, exceto as unidades de auditório, radiologia, ambulatório e cirurgia.
- 7.** As coberturas fechadas tendem a empregar os perfis tipo A1 e B1.
- 8.** As paredes opacas empregam painéis de argamassa-armada.

# 4. Discussão e Conclusões



## Capítulo 4. Discussão e Conclusões

### 4.1. Discussão

As análises da articulação dos espaços e dos componentes construtivos, assim como da composição das formas foram feitas de modo autônomo entre si, e, não por acaso, seus resultados são relatados separadamente. Essa independência entre os resultados, no entanto, pode dificultar a compreensão do processo de tomadas de decisões em sua totalidade, fragmentando a linguagem de Lelé.

A modelagem realizada neste trabalho, no entanto, possibilita não somente a identificação da linguagem dos hospitais da Rede Sarah, mas também fornece as diretrizes para a síntese de novas soluções de projeto de acordo com essa linguagem descrita. O modo como Lelé organiza os espaços, manipulando sua inteligibilidade, os possíveis percursos e os diferentes níveis de acessibilidade, foi medido através da Sintaxe Espacial. O genótipo espacial de seus hospitais foi identificado e pode servir de base a novas soluções. Do mesmo modo, a pesquisa identificou os vocabulários de formas e componentes construtivos dos edifícios, bem como as regras às quais esses vocabulários se submetem para gerar novas formas e diferentes articulações de componentes.

A continuidade deste trabalho sugere o aprofundamento das análises e a integração das informações delas obtidas. Essa integração possibilitaria a síntese da linguagem da arquitetura hospitalar de Lelé em sua totalidade, constituindo um protocolo de decisões de projeto capazes de gerar novas soluções de projeto contemplando sua linguagem de articulação espacial, construtiva e formal.

A aplicação de um quarto modelo pode ser a chave para este processo de integração de dados. Um modelo que não somente integre informações, mas auxilie a busca por novas soluções dentro de uma linguagem é que se propõe através da construção de um Algoritmo Genético (Holland, 1973...).

#### 4.1.2. Algoritmos Genéticos

Nas ciências naturais, a Genética descreve os mecanismos da hereditariedade dos seres vivos, estudando o modo como gerações de indivíduos transmitem suas características às gerações seguintes.

A estrutura genética dos seres vivos constitui um **genótipo**, isto é, uma estrutura codificada dos genes – unidades das células responsáveis por características herdadas de outras gerações – que constituem um indivíduo. Essa estrutura constitui as cadeias chamadas **chromossomos**. A ação do meio sobre o genótipo dá as características ao indivíduo, o **fenótipo**.

Os Algoritmos Genéticos (AG's), inicialmente desenvolvidos por Holland (1973, 1975, 1992) são análogos aos mecanismos de evolução das populações de seres vivos (Castilho, 2003, p.09). Baseando-se no princípio de seleção natural de indivíduos, onde seres com maior poder de adaptação (*fitness*) tendem a sobreviver e se reproduzir, enquanto indivíduos com poucas chances de adaptação tendem a se extinguir (potencial de **adaptabilidade**). Os AG's têm sido aplicados em diversas áreas de conhecimento, como genética, economia, produção industrial e, inclusive, no design e na arquitetura.

Assim como nos organismos vivos, numa linguagem arquitetônica observa-se a recorrência de determinadas características entre indivíduos que a integram. Do mesmo modo que os seres vivos podem ser descritos por seus genótipos, a análise de uma amostra de edifícios pode identificar suas estruturas mais profundas, não visuais, constituindo uma seqüência de genes dos mesmos, um conjunto de regras – **algoritmo** – capazes de sintetizá-los.

Os AG's constituem uma técnica de busca por soluções otimizadas baseadas nos princípios evolutivos de herança, mutação, seleção e cruzamento. São empregados por meio de simulações computacionais onde uma população de representações codificadas (genótipos) de soluções em potencial para um determinado problema passa por mecanismos de evolução em busca de soluções com maior potencial de adaptabilidade (fenótipos).

O potencial de adaptabilidade é definido por uma função (***fitness function***) que atribui um valor de adaptação de uma determinada solução a um problema. Indivíduos com valores menores tendem a ser extintos e ser substituídos por novas gerações com valores maiores, até o alcance de um nível ótimo.

O **cruzamento** consiste na criação de uma seqüência de genes (cromossomo) a partir de partes obtidas de outras seqüências de genes, mantendo a ordem original dessas partes.

A **mutação** consiste na mudança aleatória da posição de genes num determinado cromossomo, não sendo necessária a interação com outros indivíduos. A mutação é espontânea e gera novas características que podem ser transmitidas a novos indivíduos a partir do cruzamento.

Nos AG's as operações de cruzamento e mutação são aplicadas sobre os conjuntos de regras que constituem os genótipos de indivíduos, ou objetos, de uma amostra. A aplicação sucessiva dessas operações gera novos indivíduos, cada um com maiores ou menores chances de se adaptarem a determinadas condições do meio. AG's utilizam dois espaços distintos; um de busca e outro de solução. O **espaço de busca** consiste

no genótipo, i.e. soluções codificadas para um dado problema. O **espaço de solução** consiste no fenótipo, i.e. soluções reais.

A figura abaixo mostra um esquema de aplicação de um AG de acordo com Bentley (1999). O processo consiste, basicamente, em sucessões de cruzamentos de genótipos gerando novos indivíduos, seguidas do mapeamento gerando fenótipos e sua posterior avaliação.

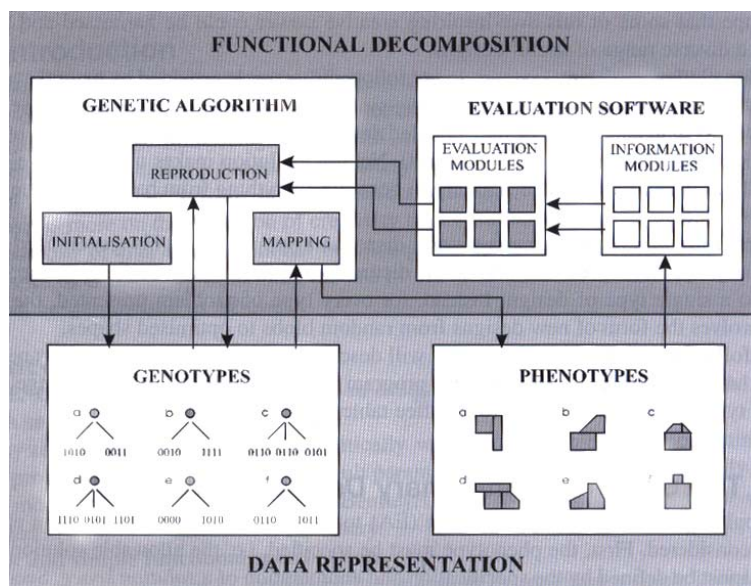


Fig. 4.1. Esquema de aplicação de um AG (Bentley, 1999).

Recentemente, Bentley (1999) aplicou AG's a soluções de Design Evolutivo, ou seja, aplicou princípios evolutivos de seleção natural a problemas de Design. Através do software GADES (Genetic Algorithm Designer) criado para o desenvolvimento de diferentes tipos de projetos, Bentley obteve distintas configurações espaciais para as plantas de um hospital a ser construído numa densa área de Londres.

Num espaço de busca, o GADES realizou cruzamentos de genes que resultaram em diversos fenótipos num espaço de solução. A repetição dos cruzamentos sobre os indivíduos mais adaptáveis gerou indivíduos ainda mais adaptáveis, até chegar a uma solução satisfatória ao problema imposto.

Na experiência de Bentley, o computador gerou diferentes configurações de plantas dados alguns parâmetros. Por tratar-se de um edifício numa área densa os limites do lote acabaram fixando o formato da planta baixa. Acessos, circulação vertical e principais corredores também foram pré-determinados em virtude de exigências do lote e de regulamentações.

A tarefa do computador foi organizar os demais setores do programa do hospital a partir de restrições fornecidas ao software sob a

forma de funções. As restrições definiam a posição de determinados setores segundo necessidades estruturais, de modulação, iluminação natural, dimensionamento, permeabilidade e adjacência. Esses setores foram distribuídos em diferentes níveis e em contigüidade com as circulações e acessos previamente definidos.

Geyer (2006) propõe uma metodologia para transformar o projeto arquitetônico em um problema de otimização. Baseado nas Gramáticas de Formas, o autor cria um sistema de componentes capaz de compreender possibilidades de mudanças nas decisões de projeto, permitindo que um algoritmo auxilie o arquiteto a encontrar boas soluções através de uma procura sistemática. O método desenvolvido por Geyer, no entanto, considera somente a articulação dos componentes construtivos (paredes, lajes, vigas, colunas, etc.) com suas funções específicas, por exemplo: uma viga serve para transmitir cargas aos seus apoios. Na decomposição do projeto em busca de regras de articulação, seu método não considera questões programáticas e deixa as decisões criativas totalmente a cargo de quem manipula o algoritmo.

No caso dos hospitais de Lelé, os genótipos são os conjuntos de regras de articulação espacial, articulação dos vocabulários de formas e componentes construtivos. Os fenótipos são os hospitais em si, formados pelo conjunto de parâmetros definidos pelos seus genótipos.

Um AG dos hospitais da Rede Sarah pode constituir uma ferramenta para gerar novas soluções de projeto adaptadas a diferentes condicionantes, a partir dos padrões e restrições identificados nas análises de articulação dos espaços, formas e componentes construtivos.

Os padrões identificados nesta pesquisa descrevem a linguagem de Lelé para os hospitais da Rede Sarah. A partir dos atributos de articulação dos espaços, das formas e dos componentes construtivos, pode-se construir estruturas codificadas desses dados para cada edifício analisado. Essas estruturas são análogas aos cromossomos que constituem o genótipo dos seres vivos. A síntese da linguagem de Lelé pode empregar princípios de evolução genética através da implementação de um AG.

O AG deve integrar as informações (genótipo de cada hospital) codificando-as em estruturas que a partir da ação com o meio possam gerar fenótipos com soluções de projeto para hospitais adaptáveis às necessidades da Rede Sarah. A integração dos dados é feita por meio de um sistema de classificação que consiste num jogo de regras, cada uma executando ações determinadas toda vez que suas condições são satisfeitas por alguma parte da informação. As condições e ações são representadas por cadeias correspondendo à presença ou não de características específicas. As cadeias são compostas por seqüências de genes que codificam cada atributo descrito a partir das análises de articulação dos espaços, das formas e dos componentes construtivos. A

presença de um atributo é igual a **1**; a ausência é igual a **0**, o que constitui uma seqüência binária. Cada hospital analisado compõe uma cadeia de informações, ou, um cromossomo. As cadeias abaixo são hipóteses de representação de parte do código genético de dois hospitais:

**10010101110101011010100100101101110111001101**

10101010011101101010110110011011101110010010

O AG deve realizar operações de cruzamento entre pares e, eventualmente, mutações dessas cadeias, buscando gerar novos hospitais cujas cadeias de informações sejam compostas pelas regras com maior poder de adaptação a diferentes condicionantes, como forma e tamanho de terreno, programa, etc.

1010101001110110101011**0100101101110111001101**

**10010101110101011010100110011011101110010010**

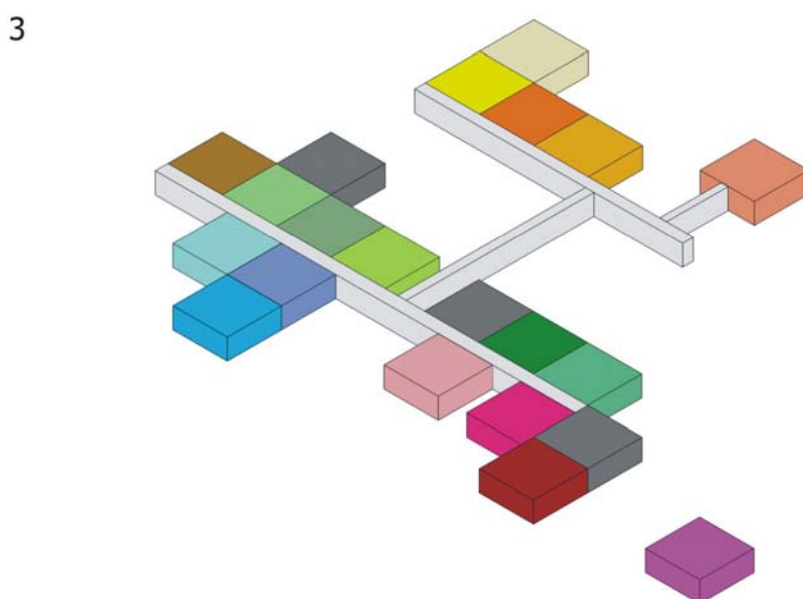
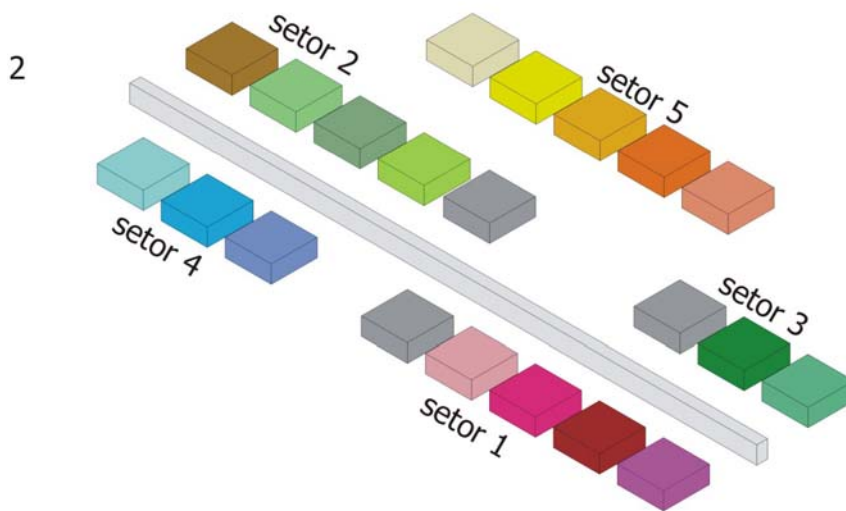
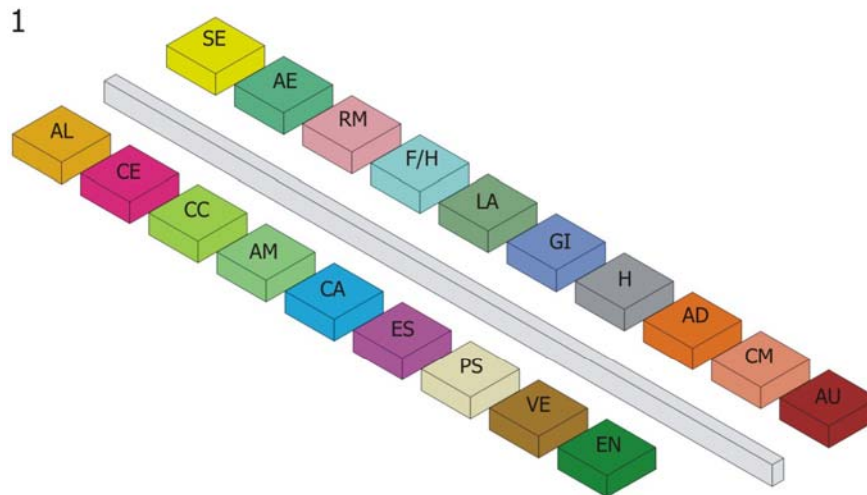
O número de gerações resultantes do cruzamento das cadeias originais pode ser definido pelo AG ou pelo alcance de um determinado nível de adaptação desejado, *fitness function*. Este nível é definido a partir do teste de cada novo cromossomo (solução) gerado pelo AG, verificando o quanto o cromossomo favorece na solução do problema, no caso, o projeto de hospitais para a Rede Sarah, empregando os componentes fabricados no CTRS e mantendo a linguagem de Lelé.

A construção do AG deve possibilitar a síntese dos seguintes passos:

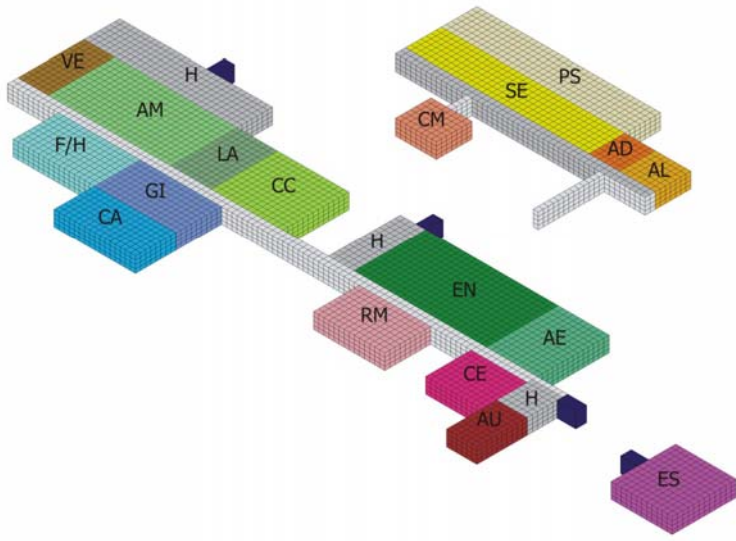
- 1.** Descrição de um vocabulário composto por unidades funcionais definidas a partir do programa de necessidades e um eixo ordenador principal ao longo do qual os setores são posicionados;
- 2.** Agrupamento das unidades funcionais em setores.
- 3.** Posicionamento e articulação das unidades funcionais ao longo do eixo ordenador a partir das regras de articulação espacial;
- 4.** Parametrização da dimensão das unidades funcionais a partir de coordenação modular (62,5cm) e do programa de necessidades;
- 5.** Definição dos cheios e vazios a partir das regras de cheios e vazios definidas para cada unidade funcional;
- 6.** Articulação dos componentes construtivos a partir das regras de articulação dos mesmos e composição das coberturas, serializáveis e não serializáveis, a partir das regras de geração de perfis e combinação entre os mesmos.

Este AG pode ser desenvolvido de modo a executar esses passos a partir da definição do lote, levando em conta sua área, planialtimetria, taxa de ocupação permitida, recuos exigidos, e possibilidades de acessos, bem como o posicionamento do eixo ordenador no lote.

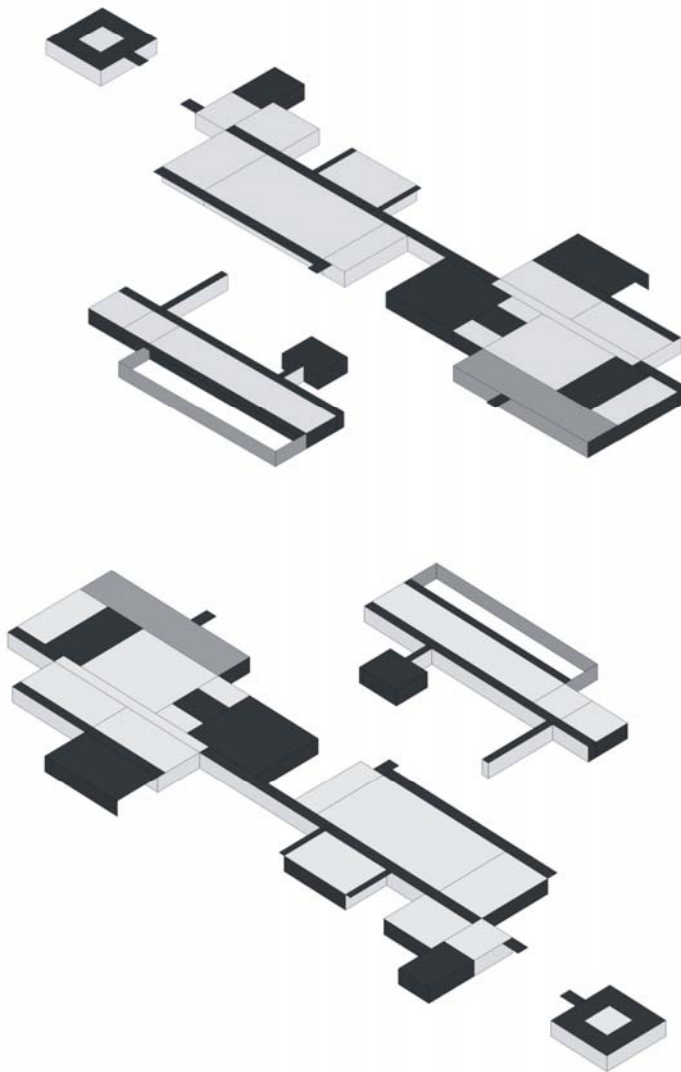
O esquema a seguir (4.1) mostra um exemplo de síntese da linguagem de Lelé para a Rede Sarah a partir da integração dos atributos descritos na pesquisa. A numeração refere-se aos passos acima descritos.



4



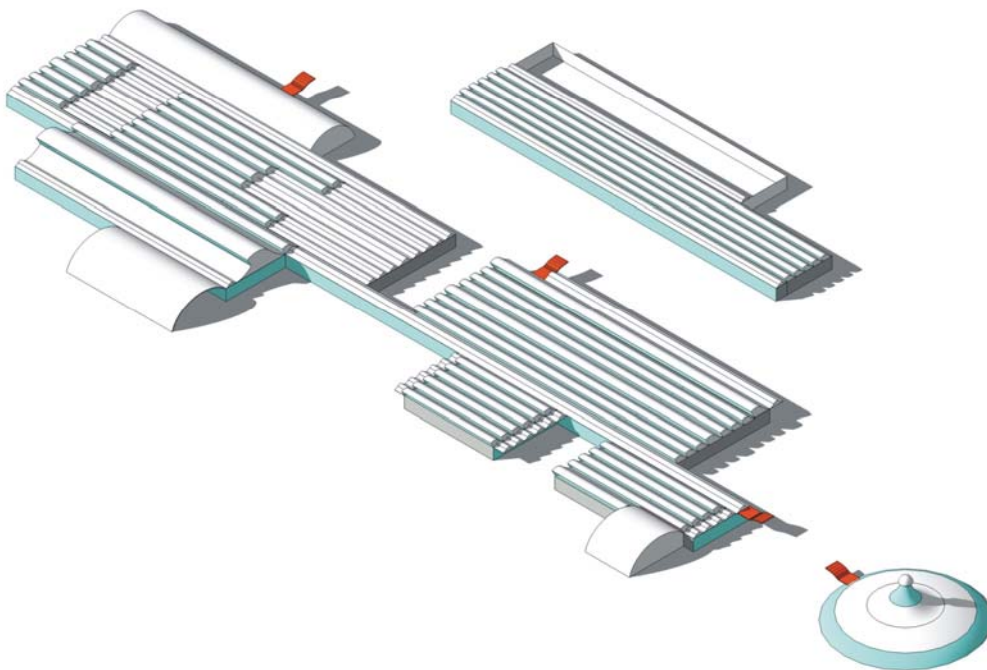
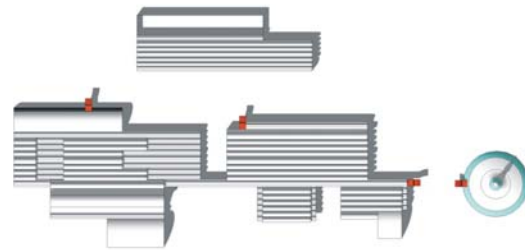
5





6

		<b>Forma</b>	<b>Função</b>
não-serializáveis	A1		auditório, hall/espera do ambulatório
	E		escola
	D1		marquise de acesso
	B4		ginásio
serializáveis	B1		coberturas fechadas
	B2		sheds



Esquema 4.1. Síntese da articulação dos componentes construtivos.

## 4.2. Conclusões

A introdução deste trabalho aborda o conceito de linguagem arquitetônica referindo-se ao modo como o arquiteto representa ou materializa a solução a um problema dado, constituindo um padrão. Este padrão, por sua vez, pode expressar um estilo. A linguagem, na arquitetura ou no design, é análoga às gramáticas descritas em lingüística, constituindo-se de vocabulário e regras de sintaxe (articulação).

O emprego de padrões na sintaxe de formas e materiais é recorrente no design de produtos, otimizando os processos que envolvem a produção industrializada. A arquitetura, no entanto, embora também possa ser descrita por esses padrões, não tem acompanhado o ritmo de desenvolvimento observado na indústria do design. Ao contrário dos designers, arquitetos enfrentam dificuldades em impor suas demandas à indústria, prevalecendo a noção de que a adoção de sistemas construtivos produzidos em escala industrial acaba por limitar a criatividade e as possibilidades de soluções de projeto.

A modelagem dos atributos que caracterizam a identidade dos edifícios da Rede Sarah de Hospitais do Aparelho Locomotor mostrou-se eficaz na identificação de padrões de articulação de espaços, formas e componentes construtivos que possibilitam ao arquiteto responder a diferentes problemas de projeto mantendo uma linguagem.

A obra industrializada de Lelé não possui paralelo na arquitetura. Seu design é a evolução da arquitetura frente à industrialização dos processos de produção. A diferença entre Lelé e outros exemplos de industrialização da construção é o fato de aquele manter identidade em suas obras, trabalhando com componentes exclusivos que atendem a funções específicas, de acordo com suas próprias demandas, ao contrário de sistemas tradicionais de pré-fabricação industrializada onde as restrições da produção industrial prevalecem sobre as do projeto. Lelé impõe sua arquitetura à indústria, dizendo como ela quer ser construída. Os componentes desenvolvidos por Lelé possuem identidade e se articulam gerando diversas formas e atendendo a diversas necessidades, sempre de acordo com uma linguagem própria.

A partir da análise da obra de Lelé, identificou-se os fatores que fazem com que a arquitetura possa empregar sistemas industriais de pré-fabricação sem impor grandes limites à criatividade do arquiteto. O mapeamento de uma genealogia de decisões tomadas por Lelé em seus projetos evidenciou quais fatores estão submetidos às imposições da indústria e quais são passíveis de criatividade, assegurando a identidade de suas obras. Do mesmo modo, esse estudo traz à luz a possibilidade de a arquitetura impor suas demandas à indústria, processo que já foi consolidado em outras áreas do design.

As restrições do programa hospitalar não são entraves à criatividade de Lelé. Respeitando padrões de articulação espacial, o arquiteto assegura o bom

funcionamento de seus hospitais ao mesmo tempo em que respeita as idiossincrasias de cada terreno. Do mesmo modo, empregando diferentes possibilidades de articulação sobre um vocabulário restrito de formas e materiais, Lelé compõe novas estruturas em cada hospital. A monotonia da industrialização é quebrada pelo jogo de materiais, cores e volumes.

A análise da composição das formas das coberturas mostrou a capacidade do arquiteto gerar novas formas a partir de um vocabulário baseado em segmentos de reta e seções de círculos, bem como um conjunto limitado de regras de transformação e combinação desse vocabulário. A composição com retas e curvas confere caráter de surpresa à leitura das formas, contrariando as noções pré-concebidas de previsibilidade dos sistemas *standard* de pré-fabricação da construção. A descrição de um vocabulário de formas básicas e de um conjunto de regras de composição mostrou que, apesar das diferenças de partido, escala e materiais, o arquiteto consegue compor diferentes formas dentro de uma mesma linguagem.

Na articulação dos componentes construtivos, o contraste entre a opacidade da argamassa-armada, a transparência do vidro e a leveza do aço equilibram os fechamentos. As oposições entre branco e cinza e cores primárias pontuam diferentes formas, conferindo ritmo aos projetos. A mesma forma que gera uma seqüência de *sheds* pode isolar-se e ampliar-se para cobrir um espaço como um auditório, um cais ou um ginásio. Um conjunto limitado de materiais e tipos de componentes possibilita um grande número de combinações, cada uma atendendo a uma necessidade específica. Restrições de programa e terreno podem exigir soluções bastante distintas com o emprego de componentes similares.

Esta pesquisa concentrou-se numa amostra pequena de edifícios, buscando descrever os elementos da linguagem arquitetônica de Lelé para os hospitais da Rede Sarah. O lançamento de diretrizes para a construção de um Algoritmo Genético capaz de sintetizar novas soluções torna evidente a necessidade de ampliação das análises, visando à identificação de outras regras, principalmente relacionadas à articulação dos componentes construtivos no interior dos edifícios.

O prosseguimento deste trabalho em direção à construção de um AG poderá indicar a necessidade de identificação e descrição de outras regras necessárias à codificação de novas gerações de hospitais. Essas demandas poderão ser mais claramente identificadas a partir da aplicação das avaliações dos novos fenótipos gerados pelas operações de cruzamento e mutação dos genótipos iniciais.

Esta dissertação propôs a descrição da linguagem arquitetônica que caracteriza um dos conjuntos arquitetônicos mais consistentes na área da industrialização das edificações. A modelagem dos atributos que possibilitam a manutenção da identidade e da criatividade num sistema de produção em série abre caminho não somente para o prosseguimento desta pesquisa, como

também para outras incursões voltadas ao desenvolvimento da arquitetura pré-fabricada em escala industrial. Este campo atende às crescentes demandas sociais por sistemas racionais, viáveis e criativos de construção e encontra aplicação tanto no exercício profissional quanto no ensino de projeto.

## Fontes das Figuras

As seções e elevações da amostra foram desenhadas por Júlia Kosciuk Guimarães e Eduardo Westphal a partir de material impresso gentilmente cedido pelo arquiteto João Filgueiras Lima.

Os esquemas de análise e síntese dos capítulos 2, 3 e 4 foram desenhados por Júlia Kosciuk Guimarães.

Os mapas de convexidade e axialidade foram desenhados por Eduardo Westphal e calculados pelo software *Mindwalk*, gentilmente cedido pelo arquiteto Lucas Figueiredo, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

## Capítulo 1

Figura 1.1:

LIMA, João Filgueiras. **CTRS** – Centro de Tecnologia da Rede Sarah. Brasília: Sarah Letras; São Paulo: Fundação Bial/ProEditores, 1999.

Figuras 1.2 à 1.12:

LATORRACA, Giancarlo (org.). **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Editorial Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 1999.

Figuras 1.13 à 1.19; 1.21 à 1.29; 1.30 à 1.41; 1.43 à 1.45:

LATORRACA, Giancarlo (org.). **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Editorial Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 1999.

Figuras 1.20; 1.27; 1.42; 1.53:

Google Earth, acessado em 2006.

Figuras 1.46 e 1.47:

LIMA, João Filgueiras. **CTRS** – Centro de Tecnologia da Rede Sarah. Brasília: Sarah Letras; São Paulo: Fundação Bial/ProEditores, 1999.

Figuras 1.48 à 1.50:

Arcoweb, acessado em 2006.

Figuras 1.51 e 1.52:

Eduardo Westphal, Novembro de 2005.

Figura 1.53:

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne; GRAHAM, H.. **Ideas are Things: an Application of the Space Syntax Method to Discovering House Genotypes**. Environment and Planning B: Planning and Design 14, 363-385, 1987.

Figura 1.54:

HANSON, Julienne. **"Deconstructing" Architects' Houses**. Environment and Planning B: Planning and Design 21, 675-704, 1994.

Figura 1.55:

KONING, Hank; EIZENBER, Julie. **The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses**. Environment and Planning B: Planning and Design 8, 295-323, 1981.

Figuras 1.56 à 1.72:

LATORRACA, Giancarlo (org.). **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Editorial Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 1999.

Figura 1.73:

KNIGHT, Terry. **Shape Grammars and Color Grammars in Design**. Environment and Planning B: Planning and Design 21, 705-735, 1994.

## Capítulo 2

Figuras 2.1; 2.3 à 2.5:

LATORRACA, Giancarlo (org.). **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Editorial Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 1999.

Figuras 2.2:

LIMA, João Filgueiras. **CTRS** – Centro de Tecnologia da Rede Sarah. Brasília: Sarah Letras; São Paulo: Fundação Bienal/ProEditores, 1999.

Figura 2.6:

Arcoweb, acessado em 2006.

Figura 2.7:

Eduardo Westphal, Novembro de 2005.

## Capítulo 4

Figura 4.1:

BENTLEY, Peter J. (ed.). **Evolutionary Design by Computers**. São Francisco : Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999.

## Bibliografia sobre João Filgueiras Lima:

GUIMARÃES, Ana Gabriella Lima. **João Filgueiras Lima** – O Último dos Modernistas. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003. Orientador Hugo Segawa.

LATORRACA, Giancarlo (org.). **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Editorial Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 1999.

LIMA, João Filgueiras. **CTRS** – Centro de Tecnologia da Rede Sarah. Brasília: Sarah Letras; São Paulo: Fundação Bienal/ProEditores, 1999.

LIMA, João Filgueiras; MENEZES, Cynara (org.). **O que é ser Arquiteto?** Rio de Janeiro: Record, 2004.

**Planejamento Hospitalar**. Revista Módulo, 45, 42-55, 1977.

SOUSA, Marcos de. **João Filgueiras Lima – Mestre da Surpresa**. Revista Arquitetura & Urbanismo, 82, 27-30. São Paulo: Editora PINI, fevereiro/março de 1999.

### **Bibliografia sobre industrialização das edificações:**

**Industrialização da Construção.** São Paulo: FAUUSP, 1971, volumes 2, 3 e 4.

KNECHT, Barbara. **Defining Component-Based Design.** Architectural Record, 07, 153-160. Nova Iorque: MacGraw Hill Construction, 2004.

OLIVERI, G. Mario. **Prefabricación o Metaproyecto Constructivo.** Barcelona: Editora Gustavo Gili, 1972. (publicado originalmente em italiano: Prefabbricazione o Metaprogetto Edilizio. Milão: Etas Kompass – tradução de Coque Bianco).

### **Bibliografia sobre Sintaxe Espacial:**

FIGUEIREDO, Lucas. **Mindwalk 1.0 – Space Syntax Software,** Laboratório de Estudos Avançados de Arquitetura – LA2, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005. In: < [http://www.mindwalk.com.br/papers/Figueiredo\\_2005\\_Space\\_Syntax\\_Software\\_en.pdf](http://www.mindwalk.com.br/papers/Figueiredo_2005_Space_Syntax_Software_en.pdf) > (acessado em 17/11/2006).

HEITOR, Teresa; DUARTE, José Pinto; PINTO, Rafaela Marques. **Combining Grammars and Space Syntax** – Formulating, Evaluating and Generating Designs. In: N.28, 4<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium. Londres, 2003.

HANSON, Julienne. **“Deconstructing” Architects’ Houses.** Environment and Planning B: Planning and Design 21, 675-704, 1994.

HILLIER, Bill. **Specifically Architectural Knowledge.** Nordisk Arkitekturforskning (2), 1993(a). P. 13-37.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne; GRAHAM, H.. **Ideas are Things:** an Application of the Space Syntax Method to Discovering House Genotypes. Environment and Planning B: Planning and Design 14, 363-385, 1987.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The Social Logic of Space.** Cambridge University Press, 1990. (Primeira publicação em 1984).

ROSENBERGER, Ricardo. **Configuração Espacial e Movimento de Pessoas em Shopping Centers** – Estudo de Caso: Shopping Praia de Belas, Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Orientador Benamy Turkienicz.

STEADMAN, Philip. **How Day-Lighting constrains Access.** In: N.05, 4<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium. Londres, 2003.

## **Bibliografia sobre Gramáticas de Formas e de Cores:**

COLAKOGLU, Birgul. **An Informal Shape Grammars for Interpolation of Traditional Bosnian Hayat Houses in a Contemporary Context.**

Milão, Generative Arts 2002 Papers, 16.1. In:

< <http://www.generativeart.com/papersGA2002/15.pdf> > (acessado em 22/11/2004).

DUARTE, José Pinto. **Customizing Mass Housing: The Grammars of Siza's Malagueira Houses.** Tese de PhD, Massachusetts Institute of Technology, 2001, Orientador William J. Mitchell.

FLEMMING, Ulrich. **More than the Sum of its Parts: the Grammar of Queen Anne Houses.** Environment and Planning B: Planning and Design 14, 323-350, 1987.

GIPS, James; STINY, George. **Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture.** Auerbach, Philadelphia, O R Petrocelli (ed), Best Computer Papers of 1971, , 125-135. In:

< <http://www.shapegrammar.org/ifip/ifip1.html> > (acessado em 23/10/2004).

KNIGHT, Terry. **Applications in Architectural Design, and Education and Practice.** Cambridge, Reports for the NSF/MIT Workshop on Shape Computation, 1999. In: < <http://www.shapegrammar.org/education.pdf> > (acessado em 15/10/2004).

KNIGHT, Terry. **Color Grammars: Designing with Lines and Colors.** Environment and Planning B: Planning and Design 16, 417-449, 1989.

KNIGHT, Terry. **Shape Grammars and Color Grammars in Design.** Environment and Planning B: Planning and Design 21, 705-735, 1994.

KNIGHT, Terry. **The Forty-One Steps.** Environment and Planning B 8, 97-114, 1981.

KNIGHT, Terry. **The Generation of Hepplewhite-Style Chair Back Designs.** Environment and Planning B: Planning and Design 7 , 227-238, 1980.

KNIGHT, Terry. **Transformations in Design – A Formal Approach to Stylistic Change and Innovation in the Visual Arts.** Cambridge: University Press, 1994.

KONING, Hank; EIZENBERG, Julie. **The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses.** Environment and Planning B: Planning and Design 8 , 295-323, 1981.



MAYER, Rosirene. **A Linguagem de Oscar Niemeyer**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Orientador Benamy Turkienicz.

MITCHELL, William J.; STINY, George. **The Palladian Grammar**. Environment and Planning B 5, 17, 1978.

STINY, George. **Ice-Ray**: A Note on Chinese Lattice Designs. Environment and Planning B 04, 89-98, 1977.

WEBER, Raquel. **A Linguagem da Estrutura na Obra de Vilanova Artigas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Orientador Benamy Turkienicz.

### **Bibliografia sobre Evolução, Inteligência Artificial e Algoritmos Genéticos:**

BENTLEY, Peter J. (ed.). **Evolutionary Design by Computers**. São Francisco : Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999.

CASTILHO, Vanessa Cristina de. **Otimização de Componentes de Concreto Pré-Moldado Protendidos mediante Algoritmos Genéticos**. Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Orientador Mounir Khalil El Debs.

GEYER, Philipp. **Models and Production Systems for Multidisciplinary Optimization in Building Design**. In: International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering 2006. Montreal, 2006. P. 2677-2689.

HOLLAND, John H. **Genetic Algorithms**. Scientific American, 66-72, 1992.

### **Demais Fontes:**

CAMPOS, Juarez de Queiroz. **Administração de Saúde: Técnicas de Organização**. São Paulo: Editora Jotacê, 1997.

CHOMSKY, Noam. **Estruturas Sintáticas**. Lisboa: Edições 70, 1980.

CORBUSIER, Le. **Por uma Arquitetura**. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1973. (publicado originalmente em francês: Vers une Architecture. Paris: Éditions Crès, 1923 – tradução de Ubirajara Rebouças).

LAMPRECHT, Barbara. **Richard Neutra**. Colônia: Taschen, 2004.

ROSSI, Aldo. **A Arquitetura da Cidade**. Lisboa: Cosmos, 1966.  
(publicado originalmente em italiano: L'Architettura della Città.).