

DIRETRIZES PARA A SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM BASE NOS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO “ENXUTA” E DA PRODUÇÃO “LIMPA”

Emerson de Andrade Marques FERREIRA

Doutor em Engenharia Civil, Professor Titular da Escola Politécnica da UFBA, emerson@ufba.br

Tiago Maia FREIRE

Engenheiro Civil, Sarti Mendonça Engenharia Ltda, Tiago.freire@bol.com.br

RESUMO

Este documento apresenta diretrizes para seleção e desenvolvimento de sistemas construtivos, baseado na análise de critérios pautados nas novas filosofias de produção, com vistas a avaliar o sistema, em relação à sua racionalização no contexto da Produção Enxuta, e à sua vida útil e impacto ambiental através da análise da sua cadeia produtiva em relação aos princípios da Produção Limpa. Através da aplicação das diretrizes apresentadas na matriz de avaliação dos sistemas, pode-se comparar segundo os mesmos critérios diversos sistemas construtivos.

ABSTRACT

This document presents guidelines for selection and development of constructive systems. It is based on a critical analysis of the new production philosophies. This intends to evaluate the systems, in relation to his rationalization in the context of the Lean Production, and to his life and environmental impact through the analysis of the Clean Production principles. Through the application of the guidelines presented at the evaluation system tables, it can be compared according to the same criteria several constructive systems.

Palavras-chave: Produção Enxuta, Produção Limpa, Construção Sustentável.

Keywords: *Lean Production, Clean Production, Sustainable Construction.*

1. INTRODUÇÃO

A avaliação de soluções construtivas voltadas para a habitação popular permite observar a carência de estudos no caminho da redução de perdas, interferências entre equipes e um mínimo controle da qualidade. Quanto aos fatores relacionados à sustentabilidade do sistema em execução, estarão automaticamente deixados em segundo plano já que perda de materiais reflete o uso irracional dos recursos naturais e a má qualidade compromete a durabilidade do sistema construtivo, implicando em uso de mais materiais no sentido de compensar os problemas dos anteriormente utilizados. Diversos outros aspectos também não são adequadamente analisados, entre eles o consumo de água e de energia.

Apesar da participação da Construção Habitacional no PIB brasileiro de 1995 de 5,8%, contra 0,8% para o setor de Edificações Comerciais e 1,4% para o setor de obras de Infra-estrutura (MCT, 2000), o problema habitacional é notável na nossa sociedade, uma vez que esta participação expressiva dentro da Construção Civil não se destina exclusivamente às habitações de caráter social.

Dentro dessa realidade surge a necessidade de agir no sentido de minimizar custos compatibilizando com isso a qualidade final do empreendimento e do meio ambiente como um todo, através das propostas das novas filosofias de produção. Vem ao encontro deste processo a prática de externalizar a produção (SAN MARTIN, FORMOSO, 1998), reservando ao canteiro as atividades de montagem de Kits pré-fabricados.

2. FILOSOFIAS E CONCEITOS AVALIADOS

A necessidade por obter Sistemas Construtivos racionalizados que incorporem a necessidade da população é notável uma vez que é importante que se compatibilize os custos da produção dentro da visão racional e da sustentabilidade como será discutido a seguir.

Produção “Enxuta”

Segundo KOSKELA (1998), a *Produção Enxuta (Lean Construction)* aplicada ao ambiente da construção civil ainda é uma inovação teórica não afirmada em função da difusão das suas práticas antes das teorias e da não explicitação de sua predominância teórica.

A Nova Filosofia de Produção é concebida como um fluxo de processo de materiais e informações, que são controladas para obter menor variabilidade e tempo de ciclo, e aperfeiçoar continuamente em relação às perdas e valor, e periodicamente, com respeito à eficiência de implementar novas tecnologias, diferente da filosofia tradicional da produção que é concebida como grupo de operações ou funções, que são controladas operação por operação, para obter menores custos, e aperfeiçoadas periodicamente, com respeito à produtividade pela implementação de novas tecnologias. (KOSKELA, 1992).

Produção “Limpa”

A maneira de enxergar o produto final através da filosofia da *Produção Limpa (Clean Production)* é avaliando a produção de modo cíclico (JOHN, 2001), ou seja, analisando o ciclo de vida do material desde sua forma primitiva até o processo de “desconstrução” do produto. A observação dos processos desenvolvidos deve contemplar uma análise de custos e do consumo de energia, inviabilizando alternativas tal como a reciclagem a depender dos custos envolvidos e dos processos utilizados, sendo às vezes mais viável o reaproveitamento.

Construtibilidade

Termo que surgiu na década de 50 - nos EUA como “Constructability” e no Reino Unido como “Buildability”, que pode ser entendido pela tradução literal: “facilidade de construir”.

Anderson et al. (2000) traduzem construtibilidade como a integração do conhecimento em construção, pesquisas, tecnologia e experiência na engenharia para execução de um projeto.

Seria necessário utilizar toda a experiência e o conhecimento na área da construção para desenvolver um projeto detalhado e especificado (evitando futuras improvisações no canteiro), modulado (evitando desperdício de material) e racionalizado. A fase de planejamento (definição do empreendimento, concepção do plano e desenvolvimento do projeto) é, sem dúvida, a mais importante segundo esses princípios e por isso demanda um dispêndio maior de tempo nessa etapa.

3. METODOLOGIA EMPREGADA

Foi realizada uma ampla revisão da literatura e de outras fontes de referência, com vistas à identificação dos principais parâmetros e recomendações utilizadas para desenvolvimento e execução de sistemas construtivos bem como das recomendações contidas nas filosofias de Produção Enxuta (controle de projetos, gestão do processo de produção), Produção Limpa (ciclo de vida dos materiais, sustentabilidade), e outros princípios como Construtibilidade, Modulação e

Flexibilidade da construção entre outros, com vistas ao desenvolvimento das diretrizes apresentadas neste trabalho.

A proposição de diretrizes a partir das novas filosofias de produção é apresentada sob a forma de matrizes para avaliação de sistemas construtivos, que tem como objetivo não só realizar uma avaliação, mas também servir como referencial para projeto quando da proposição do sistema construtivo a adotar.

4. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A Avaliação qualitativa dos processos e sistemas construtivos existentes tem como base as matrizes desenvolvidas, com critérios adaptados a partir do Artigo: *Sustainable Development Building Design and Construction - Twenty - Four Criteria Facing the Facts* (ANGIOLETTI, GOBIN, WECKSTEIN).

Matrizes:

- Projeto
- Componentes
- Produção/Execução
- Produto

Vale ressaltar que além de fornecerem critérios de avaliação, as matrizes também podem ser usadas como diretrizes para projetos.

5. AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS ESTUDADOS

Propôs-se aqui avaliar comparativamente três sistemas construtivos comerciais, sendo os sistemas S1, S2 e S3 segundo os seguintes critérios:

Não atende- N
Atende parcial- P
Atende integral- S
Não avaliado- NA

Características dos Sistemas

S1 - Sistema construtivo em painéis pré-fabricados ou paredes moldadas “in loco” de concreto celular espumoso.

S2 - Sistema construtivo composto por módulos e componentes pré-fabricados de madeira de reflorestamento, tendo como principais componentes a placa de madeira do tipo “Blockboard” , viga de madeira laminada colada e a própria madeira seca.

S3 - Sistema construtivo em componentes pré-fabricados de madeira com estrutura de piso de vigas apoiadas sobre pilaretes, piso de assoalho(réguas), paredes em painéis e cobertura com estrutura de treliças.

São apresentadas a seguir as avaliações destes sistemas nas Tabelas 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, onde cada uma delas representa respectivamente a Matriz Projeto, Componentes, Produção/Execução e Produto. Sendo as mesmas acompanhadas dos resultados percentuais relativos à cada critério de avaliação nas Tabelas 5.1a, 5.2a, 5.3a e 5.4a.

Tabela 5.1- Avaliação dos sistemas construtivos através da matriz projeto

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO				SISTEMAS CONSTRUTIVOS			
				S1	S2	S3	
PROJETO	LEAN DESIGN (GESTÃO DE PROJETOS, ESPECIFICAÇÕES E MÉTODOS)	IMPLANTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO NO LOTE		NA	NA	NA	
		ADEQUAÇÃO DIMENSIONAL, FÍSICA E FORMAL	CONFIGURAÇÃO E ÁREA DOS COMPARTIMENTOS ADEQUADAS AO USO	S	S	S	
			DEFINIÇÃO DE ABERTURAS	NA	S	P	
		FACILIDADE DE EXECUÇÃO	DETALHAMENTO E CLAREZA DAS INFORMAÇÕES		S	S	S
		PREVISÃO DE AMPLIAÇÃO E EVOLUÇÃO DA EDIFICAÇÃO		S	S	NA	
		GESTÃO DE PROJETOS	COMPATIBILIDADE ENTRE PARTES DO PROJETO		S	S	S
		DETALHAMENTO DO MÉTODO CONSTRUTIVO		S	S	S	
	MODULAÇÃO	FLEXIBILIDADE DE EXECUÇÃO	COMBINABILIDADE DOS COMPONENTES		P	NA	S
			DISPOSIÇÃO DOS COMPARTIMENTOS		S	S	S
			DISPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS DE FACHADA		NA	NA	NA
		INDUSTRIABILIDADE	REDUÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE COMPONENTES		P	N	P
			REDUÇÃO DO NÚMERO DE MEDIDAS UTILIZADAS NO PROJETO		NA	P	S
			PREVISÃO DE KITS DE CÔMODOS PRONTOS		P	S	S
		MONTAGEM	DEFINIÇÃO DE TOLERÂNCIAS		N	P	NA
	DETALHAMENTO E FUNCIONALIDADE DAS JUNTAS		P	P	NA		
	CAPACIDADE PARA PREENCHER A FUNÇÃO REQUERIDA				P	P	P
	IMPLEMENTAÇÃO LOGÍSTICA				P	P	P
	IMPACTO NO PREÇO PESSOAL				P	P	P
	CAPACIDADE PARA INCORPORAÇÃO DE SERVIÇOS VIZINHOS				P	P	P
	EVITAR PREJUÍZOS				S	S	S
CAPACIDADE PARA MUDANÇAS				S	S	NA	

Após a avaliação dos valores apresentados nas Tabelas 5.1 e 5.1a, observamos que o Sistema 2 apresenta um índice maior de aspectos favoráveis no que se refere à avaliação do projeto como um todo.

Tabela 5.1a- Distribuições percentuais relativas aos critério de avaliação para a matriz projeto

MATRIZ PROJETO						
CRITÉRIO	ATRIBUIÇÕES			PERCENTUAL		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
N	1	1	0	4,76%	4,76%	0,00%
P	8	7	6	38,10%	33,33%	28,57%
S	8	10	9	38,10%	47,62%	42,86%
NA	4	3	6	19,05%	14,29%	28,57%

Tabela 5.2- Avaliação dos sistemas construtivos através da matriz componentes

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO				SISTEMAS CONSTRUTIVOS			
				S1	S2	S3	
COMPONENTES	MATÉRIA - PRIMA	EXTRAÇÃO	CONTROLE DE LANÇAMENTO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS/NAO TÓXICAS DURANTE A EXTRAÇÃO	NA	NA	NA	
			UTILIZA-SE AS MELHORES OPÇÕES TECNOLÓGICAS PARA A EXTRAÇÃO	NA	P	P	
			ENERGIA EMPREGADA (POLUENTE, NÃO POLUENTE)	NA	NA	NA	
			IMPACTO NO MEIO FÍSICO	NA	NA	NA	
			IMPACTO NO MEIO CULTURAL	NA	NA	NA	
			TRANSPORTE (DISTÂNCIA DA JAZIDA, USO DE EQUIPAMENTOS PESADOS, NECESSIDADE DE ABRIR CAMINHOS E OUTROS)	NA	NA	NA	
			DISTRIBUIÇÃO (JAZIDA-FÁBRICA OU JAZIDA OUTRO CENTRO)	NA	NA	NA	
			DE QUE FORMA É A RENOVAÇÃO DO MATERIAL	NA	NA	NA	
			VIDA ÚTIL	NA	NA	NA	
		RESÍDUOS	NA	NA	NA		
		PROCESSAMENTO	CONTROLE DE LANÇAMENTO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS/NAO TÓXICAS DURANTE A EXTRAÇÃO	NA	P	P	
			UTILIZA-SE AS MELHORES OPÇÕES TECNOLÓGICAS PARA O PROCESSAMENTO	NA	NA	NA	
			AVALIAÇÃO DO CUSTO DE PROCESSAMENTO E O CUSTO AMBIENTAL	NA	NA	NA	
			RESÍDUOS	NA	NA	NA	
			RELAÇÃO ENTRE RESULTADO E INSUMO	NA	NA	NA	
			REUSO DE ENERGIA RESIDUAL E PRODUTOS SECUNDÁRIOS	N	N	N	
			TRANSPORTE (DISTÂNCIA DOS LOCAIS DE PROCESSAMENTOS, USO DE EQUIPAMENTOS PESADOS, E OUTROS)	NA	NA	NA	
		TRANSPORTE	NA	NA	NA		
		DISTRIBUIÇÃO	NA	NA	NA		
	RECURSOS NATURAIS - APROVEITAMENTO DOS RECURSOS SEM DANOS AO MEIO	AR	NA	NA	NA		
		ÁGUA	NA	NA	NA		
		SOLO	NA	NA	NA		
		SOL	NA	NA	NA		
	ENERGIA	APROVEITAMENTO	ORGÂNICO	NA	NA	NA	
			INORGÂNICO	NA	NA	NA	
		GERAÇÃO DE RESÍDUO OU POLUENTE	ORGÂNICO	NA	NA	NA	
			INORGÂNICO	NA	NA	NA	
	PRODUÇÃO	CONTROLE DE LANÇAMENTO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS/NAO TÓXICAS	NA	P	P		
		UTILIZA-SE AS MELHORES OPÇÕES TECNOLÓGICAS	NA	P	P		
		TRANSPORTE (DISTÂNCIA DOS LOCAIS DE PRODUÇÃO, USO DE EQUIPAMENTOS PESADOS, E OUTROS)	NA	NA	NA		
		RESÍDUOS	NA	P	P		
	DURABILIDADE				P	P	P
	REDUÇÃO DO CUSTO ECONÓMICO				P	P	P
	LEAN SUPPLY (GESTÃO DA REDE DE SUPRIMENTOS)	CARACTERÍSTICAS DO MERCADO FORNECEDOR	VARIEDADE DE FORNECEDORES	N	N	N	
			DISPOSIÇÃO PARA ATUAR JUNTO ÀS QUESTÕES DE MODULAÇÃO	P	S	P	
			CUMPRIMENTO DOS PRAZOS DE ENTREGA PARA EVITAR ESTOQUES EM CANTEIRO	P	P	P	
		GRAU DE DEPENDÊNCIA DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM RELAÇÃO AO MERCADO FORNECEDOR	N	N	N		
		GRAU DE INDUSTRIALIZAÇÃO DOS COMPONENTES	P	P	P		
	VERSATILIDADE	FLEXIBILIDADE DE APLICAÇÃO	LIBERDADE PARA REFORMULAR O ESPAÇO INTERNO	P	S	NA	
		FLEXIBILIDADE DE ADAPTAÇÃO	AMBIENTE ACEITA MODIFICAÇÕES SIMPLES	P	S	NA	
CONSTRUTIBILIDADE		FÁCIL MONTAGEM E COMPONENTES RACIONALIZADOS	P	P	P		
ADAPTABILIDADE		COMPONENTE POLIVALENTE	N	N	N		
NEUTRALIDADE		PEÇAS SEM ESPECIFICAÇÃO PREVIAMENTE DEFINIDA	N	N	N		
ERGONOMIA	PESO COMPATÍVEL COM O TRABALHO SEM EQUIPAMENTOS		N	S	S		
	DIMENSÕES COMPATÍVEIS COM O TRABALHO SEM EQUIPAMENTOS		N	S	S		
	USO DE EQUIPAMENTOS SIMPLES PARA PEQUENOS TRANSPORTES E MONTAGEM		P	S	S		

Tabela 5.2a- Distribuições percentuais relativas aos critério de avaliação para a matriz componentes

MATRIZ COMPONENTES						
CRITÉRIO	ATRIBUIÇÕES			PERCENTUAL		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
N	7	5	5	15,22%	10,87%	10,87%
P	9	10	11	19,57%	21,74%	23,91%
S	0	6	3	0,00%	13,04%	6,52%
NA	30	25	27	65,22%	54,35%	58,70%

Novamente conforme valores apresentados nas Tabelas 5.2 e 5.2a, o Sistema 2 apresentou melhor resultado quanto ao aspecto componente.

Tabela 5.3- Avaliação dos sistemas construtivos através da matriz produção/execução

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO				SISTEMAS CONSTRUTIVOS			
				S1	S2	S3	
PRODUÇÃO/EXECUÇÃO	ENERGIA	APROVEITAMENTO	ORGÂNICO	NA	NA	NA	
			INORGÂNICO	NA	NA	NA	
		GERAÇÃO DE RESÍDUO OU POLUENTE	ORGÂNICO	NA	NA	NA	
			INORGÂNICO	NA	NA	NA	
	CONTROLE DE LANÇAMENTO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS/NÃO TÓXICAS				NA	NA	NA
	UTILIZA-SE AS MELHORES OPÇÕES TECNOLÓGICAS				P	P	P
	DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS DE ENGENHARIA DE RENOVAÇÃO				NA	P	P
	AUTO CONSTRUÇÃO				P	P	P
	RESÍDUOS				N	NA	NA
	IMPACTO NO MEIO FÍSICO				P	P	P
	IMPACTO NO MEIO CULTURAL				NA	NA	NA
	ENERGIA UTILIZADA COMPARADA COM OS SISTEMAS TRADICIONAIS				N	P	P
	TRANSPORTE (DISTÂNCIA DOS LOCAIS DE PRODUÇÃO, USO DE EQUIPAMENTOS PESADOS, E OUTROS)				N	P	P
	ELIMINAÇÃO DE PERDAS, QUEBRAS E/OU DEFEITOS				P	P	P
	REDUÇÃO DO CUSTO DE MÃO-DE-OBRA		TRABALHO REDUZIDO À MONTAGEM		N	P	P
			ELIMINAÇÃO DE TEMPOS MORTOS		P	P	P
	INVESTIMENTO EM OPERAÇÕES PADRÃO				NA	NA	NA
	ATENDIMENTO DOS DESEJOS DOS CLIENTES				P	P	NA
	FLEXIBILIDADE DAS SAÍDAS				P	P	NA
	LEAN CONSTRUCTION REDUÇÃO DAS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR				NA	NA	NA
	RAPIDEZ DE MONTAGEM				P	P	P
	TRANSPARÊNCIA NA EXECUÇÃO (TODOS COMPREENDEM TODAS AS ETAPAS)				P	P	P
	ETAPAS SIMPLIFICADAS, ELIMINANDO INTERDEPENDÊNCIA				P	P	P
	PRESEÇA DE BENCHMARKING				NA	NA	NA
	NECESSIDADE DE SUPERVISOR TÉCNICO				P	P	P
	APROVEITAMENTO DE MÃO-DE-OBRA POUCO ESPECIALIZADA				NA	P	P
	TECNOLOGIAS		USO DE NOVOS PRODUTOS E PROCESSOS		P	P	P
			USO DE NOVAS TECNOLOGIAS DE GESTÃO		NA	NA	NA

Tabela 5.3a- Distribuições percentuais relativas aos critério de avaliação para a matriz produção/execução

MATRIZ PRODUÇÃO/EXECUÇÃO						
CRITÉRIO	ATRIBUIÇÕES			PERCENTUAL		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
N	4	0	0	14,29%	0,00%	0,00%
P	12	17	15	42,86%	60,71%	53,57%
S	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
NA	12	11	13	42,86%	39,29%	46,43%

O Sistema 2 mostrou ter facilidade de execução se comparada aos outros dois sistemas como mostrado nas Tabelas 5.3 e 5.3a.

Tabela 5.4- Avaliação dos sistemas construtivos através da matriz produto

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		SISTEMAS CONSTRUTIVOS				
		S1	S2	S3		
PRODUTO	USO / MANUTENÇÃO	ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS	NA	P	P	
		DESTINO DOS PRODUTOS AO LONGO DA VIDA ÚTIL	NA	P	P	
		ATENDIMENTO AOS ANSEIOS DA SOCIEDADE AO LONGO DA VIDA ÚTIL	P	P	P	
		APROVEITAMENTO DOS RECURSOS NATURAIS	NA	P	P	
		FACILIDADE DE MANUSEIO DE COMPONENTES DA EDIFICAÇÃO	FUNCIONAMENTO E RESISTÊNCIA DAS ARTICULAÇÕES	NA	NA	NA
		ADEQUAÇÃO DO MATERIAL ÀS CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO	NECESSIDADE DE TRATAMENTO	NA	N	N
			NECESSIDADE DE ACABAMENTO	P	P	P
		EFICIÊNCIA DOS MATERIAIS E COMPONENTES		P	P	P
		EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	SEGURANÇA ESTRUTURAL	NA	NA	NA
			SEGURANÇA AO FOGO	NA	NA	NA
			SEGURANÇA QUANTO À UTILIZAÇÃO	NA	NA	NA
			ESTANQUEIDADE AOS GASES, LÍQUIDOS E SÓLIDOS	NA	NA	NA
			CONFORTO HIGROTÉRMICO	NA	NA	NA
			CONDIÇÕES INTERNAS DO AR (PUREZA DO AR / LIMITAÇÕES DE ODORES)	NA	NA	NA
			CONFORTO VISUAL	NA	NA	NA
			CONFORTO ACÚSTICO	NA	NA	NA
			CONFORTO TÁTIL	NA	NA	NA
			CONFORTO ANTROPODINÂMICO	NA	NA	NA
			HIGIENE	P	P	P
			ADAPTAÇÃO À UTILIZAÇÃO	P	P	P
	DURABILIDADE		P	P	P	
	ECONOMIA		P	P	P	
	DESCONSTRUÇÃO	REUSO DOS MATERIAIS	NA	NA	NA	
		GERAÇÃO DE RESÍDUOS	NA	NA	NA	
		DESTINO DOS RESÍDUOS	NA	NA	NA	

Tabela 5.4a- Distribuições percentuais relativas aos critério de avaliação para a matriz produção/execução

MATRIZ PRODUTO						
CRITÉRIO	ATRIBUIÇÕES			PERCENTUAL		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
N	0	1	1	0,00%	4,00%	4,00%
P	7	10	10	28,00%	40,00%	40,00%
S	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
NA	18	14	14	72,00%	56,00%	56,00%

A avaliação da matriz produto apresentou o mesmo percentual para os Sistemas 2 e 3 como mostrado nas Tabelas 5.4 e 5.4a.

Tabela 5.5- Avaliação geral dos sistemas

AVALIAÇÃO GERAL						
CRITÉRIO	ATRIBUIÇÕES			PERCENTUAL		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
N	12	8	6	10,00%	6,67%	5,00%
P	36	44	42	30,00%	36,67%	35,00%
S	8	16	12	6,67%	13,33%	10,00%
NA	64	52	60	53,33%	43,33%	50,00%

A avaliação geral dos sistemas, apresentada na Tabela 5.5 nos mostra que o critério não se aplica (NA), refere-se principalmente aos aspectos da produção limpa. Onde nesta análise o sistema 2 apresenta, dado ao uso de madeira de reflorestamento maior compatibilidade ambiental e assim paralelamente mostra menores aspectos que não são atendidos. Tal resultado se justifica em virtude dos aspectos ambientais não serem ainda, devidamente analisados e valorizados por grande parte das empresas.

6. CONCLUSÃO:

A apresentação das matrizes aqui desenvolvidas, procurou discutir resultados quantitativos, porém seu principal valor consiste na contribuição para a elaboração de projetos de sistemas construtivos mais exequíveis, de acordo com princípios básicos fundamentais para todos os atores do processo.

Faz-se necessária a observação sistemática dos fatores referentes à *produção limpa* e à *produção enxuta*, contemplando em paralelo aspectos fundamentais da produção de modo que se obtenha um processo de produção eficiente, porém sustentável, gerando um produto que satisfaça as exigências do usuário com valor compatível com a sua vida útil e a preservação do meio ambiente.

Esta maneira de pensar e de agir é de fundamental importância também para a vida das empresas, uma vez que possibilita uma redução dos custos ambientais, com a otimização do uso dos recursos naturais, e simultaneamente uma redução dos custos da produção, ao tempo em que abre espaço para melhorar as questões referentes à disponibilidade de recursos financeiros em prol de novos empreendimentos.

7. REFERÊNCIAS:

ANDERSON, S. D. et al. **Integrating Constructability into Process Development: A Process Approach**. In: Journal of Construction Engineering and Management, v.162 n.2, p.81-88. Março/Abril, 2000.

ANGIOLETTI, R.; GOBIN, C.; WECKSTEIN, M. **Sustainable Development Building Design and Construction- Twenty-four Criteria Facing the Facts**. Artigo CIB

CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction. **Agenda 21 on sustainable construction**. Rotterdam, CIB, 1999. (CIB Report Publication 237).

JOHN, V. M. **Aproveitamento de Resíduos Sólidos como Materiais de Construção**. In: Reciclagem de Entulho para a Produção de materiais de Construção – Projeto Entulho Bom. Salvador, EDUFBA, 2001.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. California, Stanford University – CIFE, 1992. (Technical report72).

KOSKELA, L. **Lean Construction** In: VII Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, Florianópolis, 1998. Anais. Florianópolis, NPC/ECV/CTC/UFSC/ANTAC, 1998. p.1-10.

MCT- Ministério da Ciência e Tecnologia. **Necessidade de Ações de Desenvolvimento Tecnológico na Produção da Construção Civil e da Construção Habitacional**. Documento Fórum Construção. Versão Final. 2000.

SAN MARTIN, A. P.; FORMOSO, C. T. **Método de Avaliação de Sistema Construtivo para a Habitação de Interesse Social sob o Ponto de Vista da Gestão de Processo de Produção**. In: VII Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, Florianópolis, 1998. Anais. Florianópolis, NPC/ECV/CTC/UFSC/ANTAC,1998. p.19-26.

ZORDAN,S. E.; HESPANHOL, I. **Proposta de Metodologia para Avaliação Ambiental dos Processos de reciclagem de resíduos Industriais na Construção Civil**. In: II SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído. Fortaleza, 2001. Anais. Fortaleza, ANTAC/UFC, 2001. p.503-515.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal da Bahia e ao CNPq, que através do PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica apoiou a realização desta pesquisa.