

Relatório Estádios Solares Opção Sustentável para a Copa 2014 no Brasil

Elaborado por:



Alexandre de Albuquerque Montenegro
Clarissa Debiazi Zomer
Ísis Portolan dos Santos
Lucas Nascimento
Priscila Braun-Grabolle
Ricardo Rüter (coordenador)

Para:

**Agência de Cooperação
Técnica Alemã – GTZ**
Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Maio 2010

gtz



Federal Ministry for the
Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

Brazilian-German
Energy Program



Relatório Estádios Solares - Opção Sustentável para a Copa 2014 no Brasil

Elaborado por: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) / Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina (Ideal)

Autores: Alexandre de Albuquerque Montenegro
Clarissa Debiazi Zomer
Ísis Portolan dos Santos
Lucas Nascimento
Priscila Braun-Grabolle
Ricardo Rüter (coordenador)

Para: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Programa: Programa Energia, GTZ Brasil

No do Programa: 2007.2189.4-001.00

Coordenação: Paula Scheidt (GTZ)

Maio 2010

Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Consequentemente, nem a GTZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.
2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GTZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GTZ.

Conteúdo

Conteúdo	I
Introdução	1
1. Mercado fotovoltaico mundial	3
2. Análise da área útil para instalação dos SFCR propostos	5
3. Andamento das obras nos estádios-sede da Copa 2014	5
4. Propostas de SFCR para estádios-sede da Copa 2014, e para o Estádio Pituaçu	6
4.1 Belo Horizonte - MG: Estádio Governador Magalhães Pinto (Mineirão)	6
4.1.1 Características	6
4.1.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	6
4.1.3 Vistas aéreas do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	8
4.1.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR	9
4.1.5 Custos do SFCR	10
4.2 Brasília - DF: Estádio Nacional de Brasília	12
4.2.1 Características	12
4.2.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	13
4.2.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	13
4.2.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR	14
4.2.5 Custos do SFCR	15
4.3 Cuiabá - MT: Estádio José Fragelli (Verdão)	15
4.3.1 Características	15
4.3.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	15
4.3.3 Vistas aéreas do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	16
4.3.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR	17
4.3.5 Custos do SFCR	18
4.4 Curitiba - PR: Complexo Esportivo Curitiba	18
4.4.1 Características	18
4.4.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	18
4.4.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	19
4.4.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR	21
4.4.5 Custos do SFCR	21
4.5 Fortaleza - CE: Estádio Governador Plácido Castelo (Castelão)	22
4.5.1 Características	22

4.5.2	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	22
4.5.2	Vistas aéreas do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto	23
4.5.3	Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR	24
4.5.4	Custos do SFCR	24
4.6	Manaus - AM: Arena Amazônica.....	25
4.6.1	Características	25
4.6.2	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	25
4.6.3	Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	26
4.6.4	Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR	27
4.6.5	Custos do SFCR	27
4.7	Natal - RN: Arena das Dunas.....	28
4.7.1	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	28
4.7.2	Vistas aéreas do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	29
4.8	Porto Alegre - RS: Estádio José Pinheiro Borda (Beira-Rio)	29
4.8.1	Características	29
4.8.2	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	30
4.8.3	Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	31
4.8.4	Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR	31
4.8.5	Custos do SFCR	32
4.9	Recife - PE: Arena Cidade da Copa	32
4.9.1	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	32
4.9.2	Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto.....	33
4.10	Rio de Janeiro - RJ: Estádio Mário Filho (Maracanã)	34
4.10.1	Características.....	34
4.10.2	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	35
4.10.3	Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto	35
4.10.4	Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR.....	36
4.10.5	Custos do SFCR.....	37
4.11	Salvador - BA: Estádio Octávio Mangabeira (Fonte Nova).....	38
4.11.1	Características.....	38
4.11.2	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	38
4.11.3	Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto	39
4.11.4	Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR.....	40
4.11.5	Custos do SFCR.....	41
4.12	São Paulo - SP: Estádio Cícero Pompeu de Toledo (Morumbi).....	42
4.12.1	Características.....	42
4.12.2	Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras	42
4.12.3	Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto	43

4.12.4	Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR.....	44
4.12.5	Custos do SFCR.....	44
4.13	Salvador - BA: Estádio Governador Roberto Santos (Pituaçu)	45
4.13.1	Características.....	45
4.13.2	Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR.....	45
4.13.3	Características do SFCR proposto.....	47
5.	Análise da influência da inclinação dos módulos sobre a geração dos SFCR	
	propostos para os estádios-sede da Copa 2014	48
	Considerações finais	50
	Referências	52

Introdução

Este relatório tem por objetivo fornecer informações atualizadas em relação ao projeto Estádios Solares, fornecendo estimativas de potência instalada e de custos de instalação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) integrados à arquitetura da cobertura dos estádios da Copa 2014 e do Estádio de Pituaçu (Salvador-BA).

O Estádio de Pituaçu foi incluído porque o projeto para instalação de um SFCR em sua cobertura já foi aprovado pela ANEEL e já conta com orçamento garantido por parte da COELBA.

Desses estádios, Pituaçu e Mineirão são os que têm estudos mais adiantados. A análise só não foi feita para a Arena Cidade da Copa (Recife-PE) e para a Arena das Dunas (Natal-RN), ambos ainda em fase de projeto.

Foram utilizados como base estudos anteriores desenvolvidos por este consultor e equipe junto à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (Instituto IDEAL), sob orientação do Prof. Ricardo Rütther.

Tais informações têm por objetivo fundamentar a defesa do projeto Estádios Solares junto aos tomadores de decisão do Brasil e de outros países. Além disso, acredita-se que o apelo de marketing que a utilização de uma fonte alternativa, renovável, limpa e abundante como o Sol, no Brasil, e em estádios esportivos durante a Copa 2014, será um fator de grande peso para que a energia solar fotovoltaica seja vista como uma perfeita aliada ao aumento da geração distribuída de energia limpa no país.

Inicialmente são apresentados os resultados da análise econômica detalhada desenvolvida pela UFSC e IDEAL para a CEMIG e KfW a respeito do Mineirão. Em seguida, são analisados os demais estádios-sede e o Estádio de Pituaçu.

Na Tabela 1 é apresentada a lista dos estádios selecionados para sede dos jogos da Copa 2014. Como informado anteriormente, será analisado também o estádio de Pituaçu, em Salvador – BA.

Tabela 1 - Lista dos estádios selecionados para sede dos jogos da Copa 2014

Cidade	Estado	Estádio
Belo Horizonte	MG	Mineirão
Brasília	DF	Estádio Nacional de Brasília
Cuiabá	MT	José Fragelli (Verdão)
Curitiba	PR	Complexo Esportivo Curitiba
Fortaleza	CE	Governador Plácido Castelo (Castelão)
Manaus	AM	Arena Amazônica
Natal	RN	Arena das Dunas
Porto Alegre	RS	José Pinheiro Borba (Beira-Rio)
Recife	PE	Arena Cidade da Copa
Rio de Janeiro	RJ	Mário Filho (Maracanã)
Salvador	BA	Fonte Nova
São Paulo	SP	Morumbi

1. Mercado fotovoltaico mundial

O mercado fotovoltaico mundial tem apresentado um crescimento vigoroso nos últimos anos, passando de uma capacidade de vendas de 176 MWp (megawatt-pico) em 1999, para 14.200 MWp em 2009 (Figura 1), o que representa um aumento de **7968%** em dez anos. Além disso, o aumento na venda de módulos fotovoltaicos de fim de 2008 (5.900 MWp) a fim de 2009 foi de **140%**. Isso tem feito com que a indústria fotovoltaica seja hoje a que apresenta maior crescimento dentre as tecnologias de uso de fontes renováveis de energia (FRE).

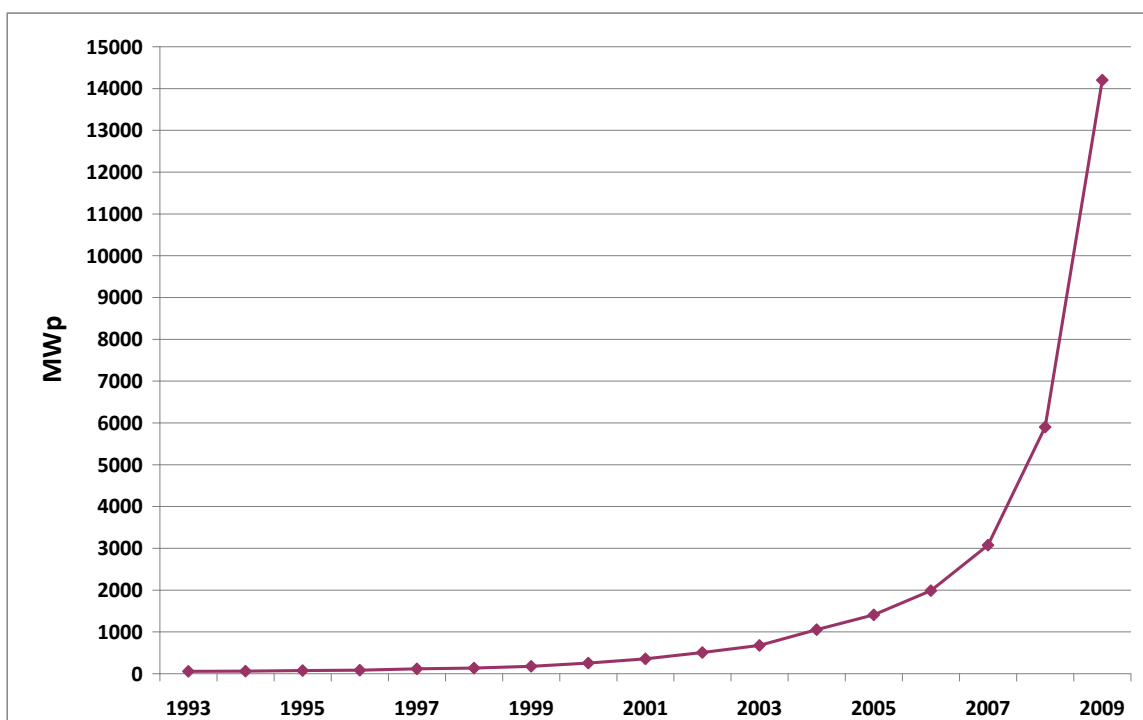


Figura 1 - Vendas mundiais anuais de módulos fotovoltaicos incluindo todas as tecnologias e todos os fabricantes. [Photon International, Navigant Consulting, 2009]

Um dos principais fatores que impulsionaram tal crescimento foi o sucesso de programas de incentivo à Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR), em países como a Alemanha. Nesses programas, sistemas fotovoltaicos são instalados normalmente na cobertura de edificações urbanas e são interligados à rede elétrica pública. O resultado de tais iniciativas foi que a participação dos sistemas conectados à rede no mercado fotovoltaico passou de 22% em 1985 para 90% em 2008 (Figura 2).

Sem esses programas de telhados solares, é possível que a produção anual de módulos fotovoltaicos fosse de apenas 13% (756 MWp)¹ da produção total atingida em 2008 em decorrência dos ótimos resultados de tais mecanismos de incentivo.

¹ Considerando que a produção de módulos fotovoltaicos para sistemas não-conectados à rede em 2008 se mantivesse em 590 MWp (10% da produção real de 2008), e que a produção de módulos fotovoltaicos conectados à rede correspondesse a 22% do total produzido em 2008 (como era em 1985).

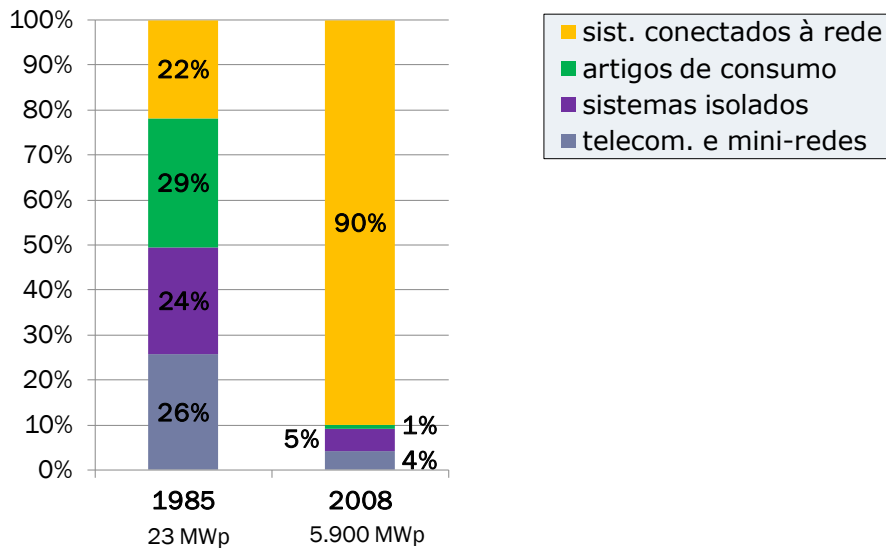


Figura 2 – Distribuição por setores de aplicação da produção anual mundial de módulos fotovoltaicos em 1985 (23 MWp) e em 2008 (5.900 MWp). [Navigant Consulting, 2009]

Na Figura 3 é apresentada uma estimativa de evolução de custos para sistemas fotovoltaicos de grande porte. Por essa análise, a redução de preço esperada será superior a 5% ao ano nos próximos dez anos.

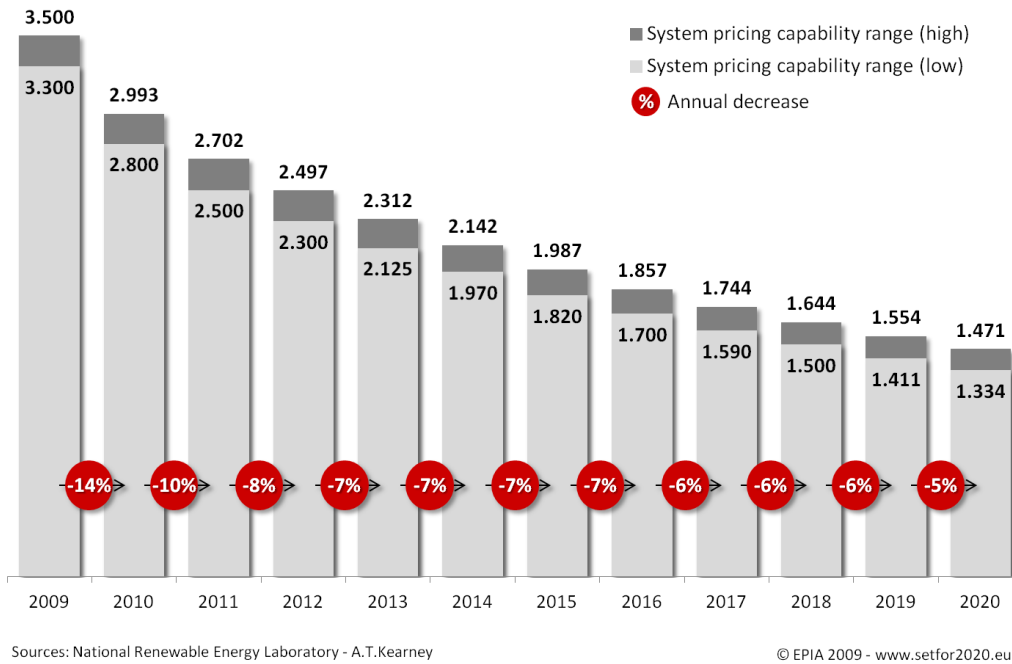


Figura 3 - Estimativa de custo futuro para sistemas fotovoltaicos de grande porte (2008 €/kW).

2. Análise da área útil para instalação dos SFCR propostos

Para cada estádio analisado foi feita uma análise de integração arquitetônica, percebendo as áreas de cobertura (existentes ou propostas) onde poderiam ser instalados módulos solares fotovoltaicos, sem grandes sombreamentos.

Para o Mineirão, no relatório apresentado pela UFSC e IDEAL à CEMIG e KfW, foi feita uma análise detalhada das áreas de cobertura disponíveis, e em seguida foram feitas simulações de sombreamento ao longo do ano, para ao final definir a área útil para instalação do SFCR.

Uma análise mais aprofundada das plantas de cobertura foi desenvolvido também na estimativa do SFCR para o Estádio Pituvaçu.

Para os demais estádios, foi considerada área útil 80% da área total da cobertura considerada. Esse fator redutor de 20% entre a área útil e a projeção da cobertura já é comumente utilizado na fase de pré-projeto dos SFCR que foram instalados pela UFSC, e tem se mostrado razoável para estimar a redução da área útil decorrente de detalhes construtivos e de instalação que impossibilitam a utilização da área total de cobertura para a instalação fotovoltaica.

Em vista do caráter preliminar das análises dos demais estádios analisados (fora Mineirão e Pituvaçu), as superfícies de cobertura disponível foram consideradas planas e horizontais, mesmo que em alguns casos fossem inclinadas ou tivessem obstruções. Do mesmo modo, foram consideradas as coberturas e projeções da situação atual dos estádios, e não a área de cobertura dos projetos de reforma dos estádios, que podem alterar ou não a área total. Possivelmente os projetos das reformas apresentarão ainda ganhos de área para as coberturas. Desta forma, o cálculo do potencial total instalado poderá sofrer mudanças consideráveis quando os projetos arquitetônicos definitivos desses estádios forem avaliadas de maneira mais aprofundada.

3. Andamento das obras nos estádios-sede da Copa 2014

As informações sobre o andamento das obras nos estádios-sede da Copa 2014 foram obtidas nas seguintes fontes:

- *Portal da Transparência - Copa 2014:* www.portaltransparencia.gov.br/copa2014
- *Portal da Copa 2014:* www.copa2014.org.br
- *Portal Fiscalização da Copa 2014:* www.tcu.gov.br/copa2014
- Outras fontes, quando indicado.

Foram incluídas informações e notícias publicadas até 27/05/2010.

Durante a primeira reunião do Comitê Gestor da Copa (CGCOPA), o ministro do Esporte, Orlando Silva Jr., afirmou que a FIFA já aprovou os projetos de estádios das 12 cidades-sede da Copa do Mundo 2014. O evento foi realizado dia 25 de maio, na sala de reuniões do Ministério do Planejamento, em Brasília.

O ministro destacou que em três cidades os estádios estão em obras: Manaus, Cuiabá e Belo Horizonte. Estádios privados como Beira Rio (Porto Alegre), Morumbi (São Paulo) e Arena da Baixada (Curitiba) já avançaram nas reformas e os demais estão em fase de licitação ou contratação de empresas para executar os projetos.

4. Propostas de SFCR para estádios-sede da Copa 2014, e para o Estádio Pituvaçu

4.1 Belo Horizonte - MG: Estádio Governador Magalhães Pinto (Mineirão)

Para o Mineirão, um estudo aprofundado foi desenvolvido pela UFSC em parceria com o Instituto IDEAL, no qual, para estabelecer a potência do SFCR que poderia ser instalado, foram analisados em detalhe as plantas de cobertura, as zonas de sombreamento, e foi proposta uma estrutura específica para este estádio. A análise econômica também foi desenvolvida em detalhe, com cálculo de todas as despesas que envolveriam a instalação do SFCR proposto.

4.1.1 Características

O **Estádio Governador Magalhães Pinto**, mais conhecido como **Mineirão** (Figura 4), é o segundo maior estádio de futebol do Brasil e o 29º maior do mundo, de acordo com as estimativas do *World Stadium*. No Brasil é superado apenas pelo Maracanã. O Mineirão foi inaugurado em 5 de setembro de 1965 em Belo Horizonte, Minas Gerais, e é de propriedade do governo do estado. A capacidade original era de 130 mil pessoas. Atualmente o estádio tem capacidade para 76 mil pessoas.



Figura 4 – Vista aérea do Estádio Governador Magalhães Pinto – Mineirão.

4.1.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

A maioria das intervenções para adaptar o Mineirão às exigências da FIFA está relacionada a problemas de visibilidade e segurança. O projeto de reforma do Mineirão prevê a redução da capacidade do estádio para 70 mil pessoas sentadas (atualmente é de 76 mil), o rebaixamento do campo em 3,5m para melhorar a sua visibilidade, além de telões, novos vestiários e recuperação estrutural do estádio, entre outras ações. A reforma prevê também obras para aumentar o conforto do torcedor, tais como a construção de cobertura nas arquibancadas, colocação de cadeiras anatômicas numeradas e criação de novos acessos à arena.

A obra está sendo executada pelo Governo do Estado de Minas e está sendo financiada com recursos próprios do governo estadual e com recursos financiados pelo BNDES (Banco

Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social), totalizando um investimento de R\$ 426,1 milhões.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico/Executivo	17,80	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras Fase 1	8,30	Governo Estadual	Governo Estadual
3. Obras Fase 2 e 3	300,00	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
3. Obras Fase 2 e 3	100,00	Governo Estadual	Governo Estadual
Valor total: 426,10 milhões.			

Cronograma Previsto

Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico/Executivo	Nov/09	Mai/10
2. Obras Fase 1	Jan/10	Jun/10
3. Obras Fase 2 e 3	Jun/10	Dez/12
3. Obras Fase 2 e 3	Jun/10	Dez/12

As obras do Mineirão começaram em janeiro de 2010. O estádio está dentro de um cronograma próprio, acordado com a FIFA, que prevê os trabalhos em três etapas. As duas primeiras envolvem reforços estruturais, correção de patologias no concreto, rebaixamento do gramado e demolição do anel inferior de arquibancada. A terceira etapa envolve atividades mais complexas.

Em 14/12/2009, a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) e a Agência de Cooperação Técnica Alemã (GTZ) assinaram um acordo para aprofundar a cooperação visando a montagem, operação e manutenção de centrais de geração fotovoltaicas conectadas à rede de distribuição.

Um dos primeiros beneficiados com o sistema seria exatamente o Mineirão. A Cemig estuda a viabilidade técnica de implantação de uma usina solar fotovoltaica na cobertura do estádio e também na do ginásio Mineirinho, através de estudo elaborado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), cujo relatório final foi entregue em maio de 2010. A energia elétrica gerada deverá ser destinada à rede de distribuição da companhia.

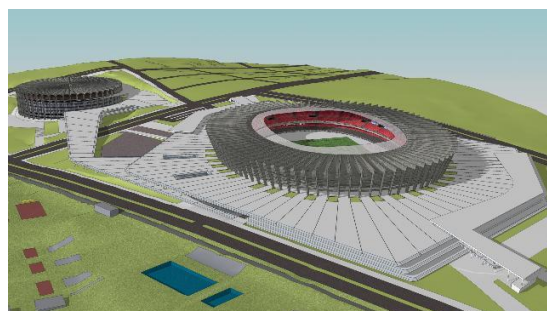
No caso da Cemig, a GTZ apoiará, entre outras atividades, cursos e treinamentos nas áreas de eficiência energética, fontes renováveis e treinamento técnico em energia solar fotovoltaica. O estudo de viabilidade está sendo financiado pelo Banco de Fomento do Governo Alemão (KfW). Caso a viabilidade seja confirmada, os recursos necessários para a implantação do sistema já estão assegurados.

4.1.3 Vistas aéreas do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Seguem vistas aéreas do Mineirão atualmente disponíveis no Google Maps.



Seguem imagens do projeto desenvolvido pelo escritório de arquitetura Gustavo Penna em parceria com a GMP (Von Gerkan, Marg und Partner) para a adequação do estádio mineiro à Copa 2014.



4.1.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

A análise da cobertura do Mineirão identificou as áreas em azul escuro das duas figuras seguintes como viáveis para instalação dos módulos fotovoltaicos.

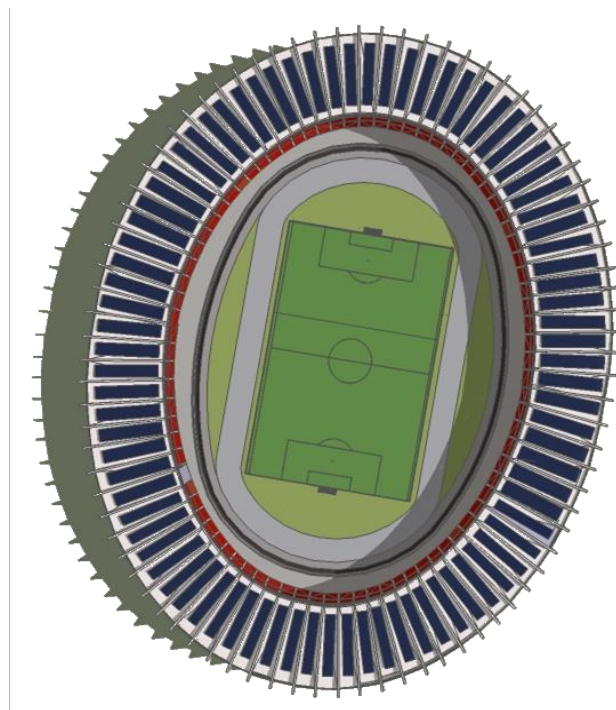


Figura 5 – Vista aérea do Mineirão, com módulos fotovoltaicos do SFCR proposto representados em azul escuro.

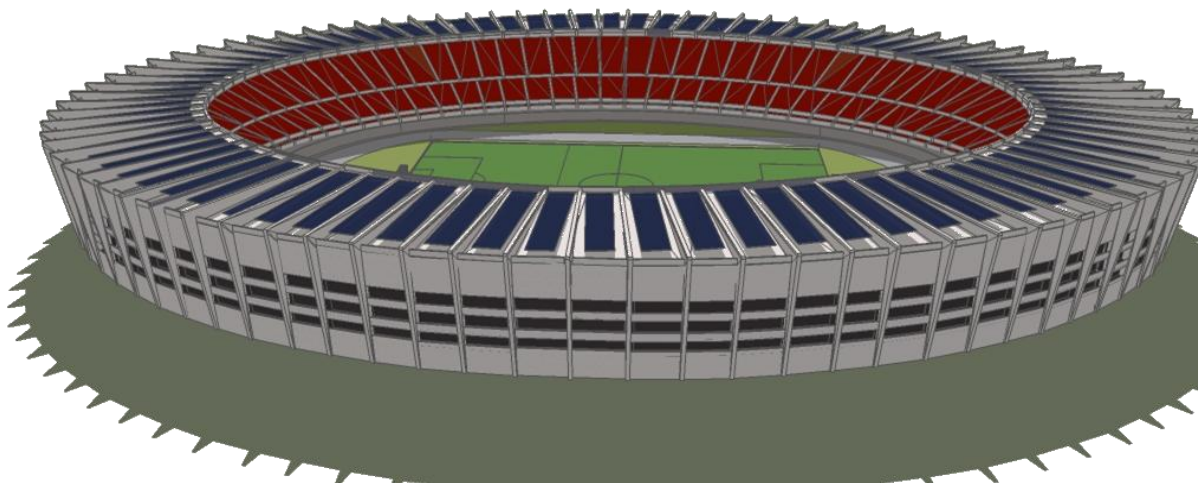


Figura 6 – Vista em perspectiva do Mineirão, com os módulos fotovoltaicos do SFCR proposto representados em azul escuro.

Para avaliar qual a potência que um SFCR instalado na cobertura do Mineirão pode ter, foram escolhidas duas dentre as tecnologias fotovoltaicas comercialmente disponíveis:

- **Filmes finos de silício amorfo (a-Si)**
- **Silício cristalino (c-Si)**

Na Tabela 2 são apresentados detalhes sobre os módulos fotovoltaicos escolhidos. Na mesma tabela são informadas também a área total disponível para cada opção, e a potência total correspondente.

O embasamento detalhado para a escolha dessas duas tecnologias, e desses dois modelos, está apresentado no relatório específico do SFCR para o Mineirão, apresentado pela UFSC e IDEAL à CEMIG e KfW.

Tabela 2 – SFCR Mineirão: Características dos módulos fotovoltaicos propostos, área total de cobertura disponível para instalação de cada tipo de módulo fotovoltaico proposto, quantidade máxima de módulos e potência máxima que o SFCR Mineirão poderá ter, para cada tecnologia.

Tecnologia	Fabricante	Modelo	Potência nominal (Wp)	Eficiência (%)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Área total disponível (m ²)	Qde. Total de módulos	Potência total (kWp)
a-Si	Schott	ASI-100	100	6,90 %	1.108	1.308	9.708	6.426	642,6
c-Si (monocristalino)	Suntech	Pluto205	205	16,06 %	1.580	808	9.033	6.748	1.383,3

A diferença entre áreas é decorrente da diferença de tamanho dos dois modelos de módulos fotovoltaicos. Vale lembrar que na área total disponível estão incluídos os espaçamentos entre os módulos.

No estudo do Mineirão foi analisado também o custo do kWh gerado, em função do nível médio anual de irradiação solar na região. Como no presente relatório só pretendemos analisar o custo do investimento (custo total do SFCR e custo do kWp instalado), as estimativas de geração de energia (kWh/kWp/ano) e do custo da energia gerada (\$/kWh) não serão apresentadas.

4.1.5 Custos do SFCR

Neste sub-ítem, são apresentados os resultados do levantamento de custos apresentado no relatório que a UFSC e o IDEAL prepararam sobre o assunto para a CEMIG e o KfW.

As cotações utilizadas para todos os cálculos apresentados neste relatório são as da Tabela 3.

Tabela 3 - Cotações utilizadas na análise econômica do SFCR do Mineirão.

€/R\$	2,4299
US\$/R\$	1,763

Na Tabela 4 é apresentada a composição de custos do SFCR do Mineirão para as duas tecnologias fotovoltaicas propostas, para o custo total, por kWp e por m².

Tabela 4 - SFCR Mineirão: Comparação entre os custos total, por kWp e por m² das duas tecnologias fotovoltaicas propostas.

COMPOSIÇÃO DO CUSTO TOTAL	PROPOSTA a-Si	PROPOSTA c-Si	PROPOSTA a-Si	PROPOSTA c-Si	PROPOSTA a-Si	PROPOSTA c-Si	PROPOSTA a-Si	PROPOSTA c-Si
	(milhões de €)	(milhões de €)	(€/kWp)	(€/kWp)	(€/m ²)	(€/m ²)	(%)	(%)
Módulos fotovoltaicos (FOB)	1,03	2,24	1.600	1.622	105	246	45%	55%
Inversores (FOB)	0,17	0,30	268	220	18	33	8%	7%
Frete, seguro e taxas alfandegárias	0,04	0,04	66	27	4	4	2%	1%
Impostos	0,34	0,70	532	501	35	76	15%	17%
Estrutura metálica	0,51	0,54	789	387	52	59	22%	13%
Engenharia e Instalação	0,12	0,12	192	89	13	14	5%	3%
Outros	0,07	0,16	115	115	8	17	3%	4%
TOTAL	2,29	4,10	3.563	2.962	234	450	100%	100%

Lembrando que o SFCR **a-Si** e o SFCR **c-Si** propostos para o Mineirão ocupam praticamente a mesma área, dos resultados apresentados nas Tabelas 2 e 4 pode-se fazer as seguintes comparações entre as duas tecnologias fotovoltaicas analisadas:

- Para a mesma área coberta, o SFCR **a-Si** tem custo total bem menor que o do SFCR **c-Si**. Isso faz que o custo por área coberta (\$/m²) do SFCR **a-Si** seja também bem menor. Caso o importante no projeto seja cobrir a maior área possível – para dar maior visibilidade ao SFCR, ou pelo interesse em substituir o material de cobertura que seria utilizado – **a-Si** é a melhor escolha dentre as duas tecnologias aqui apresentadas.
- A eficiência dos módulos **a-Si** é bem menor que a dos módulos **c-Si**, o que faz com que a potência total instalada, na mesma área, seja bem maior quando são utilizados módulos **c-Si**. Com isso, o custo por potência instalada (\$/kWp) do SFCR **c-Si** é bem menor. Caso se tenha uma potência a instalar definida, e o interesse seja em reduzir custos – não havendo interesse em maximizar a utilização da área de cobertura disponível – a melhor escolha dentre as duas tecnologias aqui apresentadas é a de módulos **c-Si**.

Foram feitas outras simulações de custo para o Mineirão, reduzindo a área utilizada em 10% e 20%, e os custos por kWp e por m² pouco variaram.

Como para os demais estádios a análise é preliminar, como os SFCR dos demais estádios têm a mesma ordem de grandeza do SFCR Mineirão, e como dentre os custos levantados para o SFCR Mineirão o único imposto que poderá variar significativamente para os demais estádios é o ICMS, iremos considerar então o mesmo custo por kWp calculado para o Mineirão para os demais estádios, ou seja: **3,56 €/kWp para a-Si e 2,96 €/kWp para c-Si**. Como os custos por kWp considerados para os demais estádios serão os mesmos do Mineirão, os custos por m² também serão os mesmos.

Caso o interesse seja cobrir o total da área de cobertura disponível e viável para instalação de um SFCR, a opção mais interessante será o a-Si (2,29 milhões de euros, contra 4,10 milhões de euros da proposta c-Si). Consequentemente, se o interesse for por cobrir com módulos fotovoltaicos a maior área possível com o mesmo investimento, deve-se optar também pelo a-Si, pois é o que tem menor custo por área (234 euros por m², contra 450 euros por m² do c-Si).

Caso o interesse seja por instalar a maior potência possível na área total de cobertura disponível e viável, a opção mais interessante seria o c-Si (1.383,3 kWp, contra 642,6 kWp da proposta a-Si). Consequentemente, se o interesse for por instalar a maior potência possível com o mesmo investimento, deve-se optar também pelo c-Si, pois é o que tem menor custo por potência instalada (2.962 euros por kWp, contra 3.563 euros por kWp do a-Si).

Como os custos por kWp e por m² considerados para os demais estádios serão os mesmos do Mineirão, as considerações dos dois últimos parágrafos valem também para eles, feitas as devidas alterações nos valores.

4.2 Brasília - DF: Estádio Nacional de Brasília

4.2.1 Características

O Estádio **Mané Garrincha** foi inaugurado em 1974. Ele oferece infraestrutura também para a prática de outras modalidades, como judô, ginástica, capoeira e dança. O estádio, que também possui uma escolinha de futebol, tornou-se sede das federações de esportes da cidade de Brasília e pertence ao Departamento de Esportes, Educação Física e Recreação do Distrito Federal (Figura 7). Ele será demolido para a construção do Estádio Nacional de Brasília, que será o estádio-sede da Copa 2014 em Brasília.



Figura 7 - Estádio Mané Garrincha

4.2.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O cronograma das obras do Estádio Nacional de Brasília está atrasado. O edital do Estádio Nacional de Brasília foi lançado somente em 5 de maio. A construção, então, começará somente entre o final de junho e o começo de julho, já que a abertura das propostas financeiras foi marcada para o dia 7 de junho.

O estádio Mané Garrincha será demolido para a construção da nova arena. O Mané Garrincha podia acolher 45 mil pessoas, e a nova arena terá capacidade para 70 mil lugares.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico / Executivo	5,30	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	400,00	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
2. Obras	340,00	Governo Estadual	Governo Estadual
Valor total: 745,30 milhões.			

Cronograma Previsto

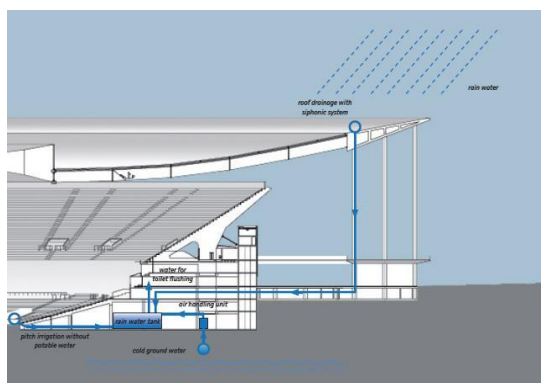
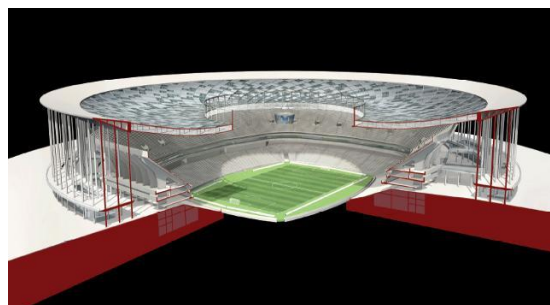
Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico / Executivo	Concluído	Concluído
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

4.2.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue vista aérea de onde se localiza o estádio Mané Garrincha.



Seguem imagens do projeto desenvolvido pela Castro Mello Arquitetos em parceria com a GMP para a adequação do estádio à Copa 2014.



4.2.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

Como não há informações disponíveis suficientes sobre o projeto do Estádio Nacional de Brasília, foram utilizadas informações do Estádio Mané Garrincha para analisar área útil de cobertura. A área total de cobertura do Mané Garrincha é de 21.855 m² (região hachurada em azul da Figura 8), correspondendo a uma área útil 17.484 m² para instalação do SFCR.



Figura 8 - Estádio Mané Garrincha, com área total para integração fotovoltaica hachurada em azul.

4.2.5 Custos do SFCR

Na Tabela 5 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 5 – SFCR Mané Garrincha: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
17.484	1,1	3.563	3,92	2,48	2.962	7,35

4.3 Cuiabá - MT: Estádio José Fragelli (Verdão)

4.3.1 Características

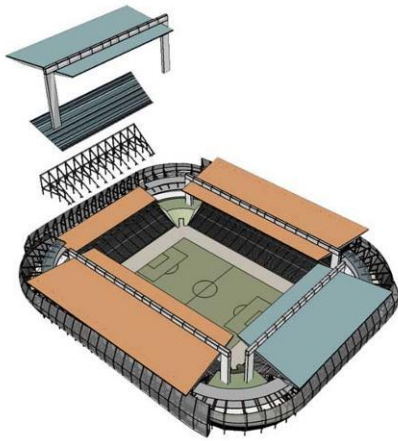
O **Estádio José Fragelli**, ou **Verdão**, está localizado em Cuiabá, Mato Grosso, e atende a vários times do Estado (Figura 9).



Figura 9 - Estádio Verdão.

4.3.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O Estádio José Fragelli, popularmente conhecido como Verdão, atualmente comporta 40 mil pessoas, mas, para receber jogos da Copa 2014, será reconstruído e terá a capacidade ampliada para 42,5 mil espectadores. O projeto do novo Estádio Verdão prevê a construção de uma arena simples e funcional. Parte das arquibancadas poderá ser desmontada para que a arena ganhe mais espaço físico provisório. O complexo será construído no mesmo local que hoje está o estádio, e contará com restaurantes, hotéis, estacionamentos, lagos, bosque, pista



4.3.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

Como não há informações suficientes disponíveis sobre o novo projeto, a estimativa de área foi feita com base no Verdão antigo. A área total de cobertura é de 16.880 m² (região hachurada em azul da Figura 10), correspondendo a 13.504 m² de área útil para instalação do SFCR.



Figura 10 - Estádio Verdão, com área total para integração fotovoltaica hachurada em azul.

4.3.5 Custos do SFCR

Na Tabela 6 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 6 - SFCR Verdão: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
13.504	0,85	3.563	3,03	1,91	2.962	5,66

4.4 Curitiba - PR: Complexo Esportivo Curitiba

4.4.1 Características

O Estádio Joaquim Américo Guimarães, em Curitiba (PR), mais conhecido como Arena da Baixada (Figura 11), é um dos três estádios particulares que serão utilizados na Copa 2014. De propriedade do Clube Atlético Paranaense, o estádio será reformado para atender às exigências da FIFA, e receberá o nome de Complexo Esportivo Curitiba.

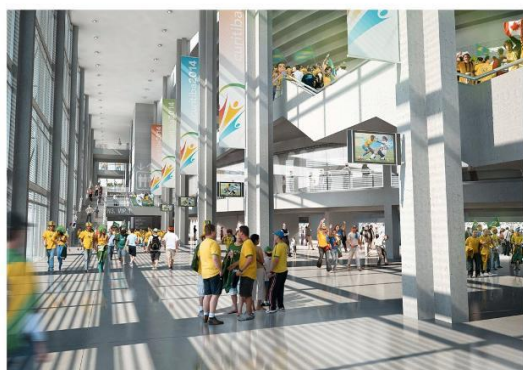


Figura 11 - Estádio Arena da Baixada.

4.4.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

A reforma do Arena da Baixada permitirá a conclusão do setor de arquibancadas paralelo ao gramado, a remodelação da cobertura do estádio e a ampliação da capacidade para 41.375 pessoas. O Complexo Esportivo, projetado para ser um espaço de multi-eventos, contará com business center, serviço *wireless*, praça de alimentação, centro comercial e estacionamento para 1.908 veículos dentro da arena.

Seguem imagens do projeto desenvolvido pela Carlos Arcos Arquitetura para a adequação deste estádio à Copa 2014.



4.4.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

A área total de cobertura do Estádio Arena da Baixada é de 15.092 m² (região hachurada em azul da Figura 39), correspondendo a 12.074 m² de área útil para instalação do SFCR.



Figura 12 - Arena da Baixada, com área total para integração fotovoltaica hachurada em azul.

4.4.5 Custos do SFCR

Na Tabela 7 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 7 - SFCR Arena da Baixada: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
12.074	0,76	3.563	2,71	1,71	2.962	5,07

4.5 Fortaleza - CE: Estádio Governador Plácido Castelo (Castelão)

4.5.1 Características

O **Estádio Governador Plácido Castelo**, mais conhecido como **Castelão**, está localizado em Fortaleza, Ceará (Figura 13). É o maior e mais moderno estádio do estado do Ceará. Atualmente tem capacidade para mais de 58 mil pessoas e já foi palco de grandes eventos esportivos e culturais, como jogos da Seleção Brasileira de Futebol.



Figura 13 - Estádio Castelão.

4.5.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O projeto de modernização e adequação às exigências da FIFA do estádio Castelão abrangerá todas as estruturas da arena esportiva, como gramado, camarotes, setor de imprensa, arquibancadas, cobertas, vestiários, entre outras. Também serão criados novos espaços como edifício-garagem com quatro mil vagas, 72 camarotes, três mil *business places* com *lounges*, *vips lounges* com 10.000 metros quadrados, área mista, praça de acesso e restaurantes. O Castelão terá capacidade para 66.700 espectadores, habilitando o estádio a uma das semifinais da Copa.

O governo cearense pretende construir no entorno do centro esportivo duas turbinas eólicas com capacidade de 1MW cada. Prometida para abril, a reforma do Castelão está ameaçada de estourar o prazo da FIFA. Dois dos quatro consórcios que participaram da concorrência foram desclassificados e entraram com recursos para reverter a decisão.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos para o estádio é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico	5,80	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	217,20	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	400,00	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
Valor total: 623,00 milhões.			

Cronograma Previsto

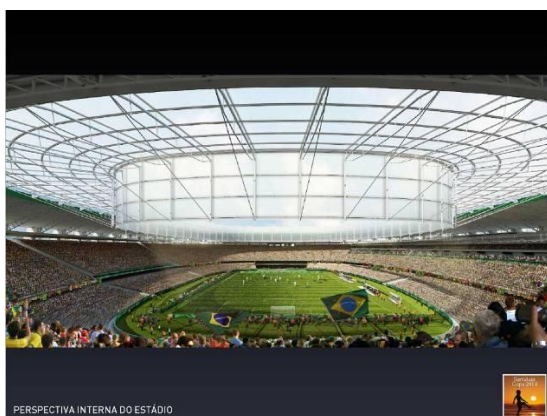
Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico	Jan/09	Dez/09
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

4.5.2 Vistas aéreas do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue vista aérea de onde se localiza o atual estádio.



Seguem imagens do projeto desenvolvido pela Viglicca Arquitetos para a adequação do estádio à Copa 2014.



4.5.3 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

A área total de cobertura do Estádio Castelão é de 15.254 m² (região hachurada em azul da Figura 40), correspondendo a 12.203 m² de área útil para instalação do SFCR.

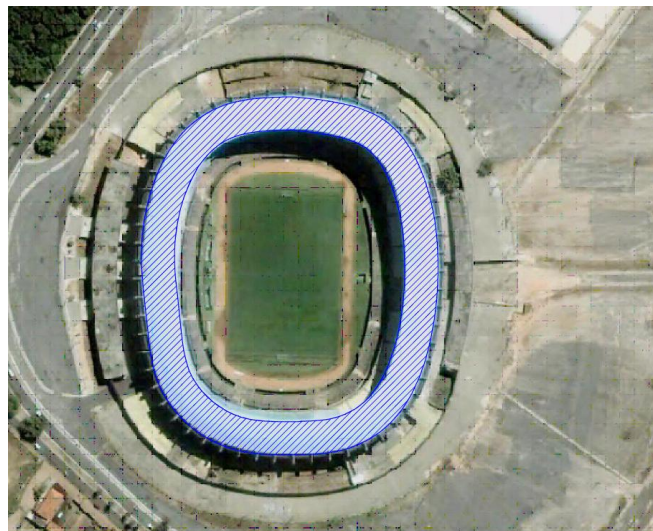


Figura 14 - Estádio Castelão, com área total para integração fotovoltaica hachurada em azul.

4.5.4 Custos do SFCR

Na Tabela 8 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 8 - SFCR Castelão: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
12.203	0,77	3.563	2,74	1,73	2.962	5,12

4.6 Manaus - AM: Arena Amazônica

4.6.1 Características

O **Estádio Vivaldo Lima**, também conhecido como **Vivaldão** (Figura 15), é o maior estádio de futebol de Manaus, Amazonas, e atende a vários times do estado.



Figura 15 - Estádio Vivaldão.

4.6.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O Estádio Vivaldo Lima, conhecido como Vivaldão, será demolido, e em seu lugar será construído o Arena Amazônica. A capacidade do estádio será de aproximadamente 48 mil pessoas.

O projeto prevê a construção de cobertura fixa para as arquibancadas, restaurante, estacionamento subterrâneo para carros e ônibus e acessos planos para portadores de necessidades especiais. O estádio também terá sistema de reaproveitamento de água da chuva e ventilação natural para redução do consumo energético.

O desmonte de toda a infraestrutura do estádio começou no dia 15 de abril. Assentos, luminárias, placares, telas metálicas e instalações elétricas serão reaproveitados em outros locais, segundo Danilo Carvalho, sócio-diretor do Grupo Stadia, escritório responsável pelo projeto da Arena Amazônia ao lado do GMP, empresa de arquitetura alemã.

A ordem de serviço para o início da demolição da estrutura principal deve ser emitida ainda em maio, prevendo-se a demolição para junho próximo.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico	15,00	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	375,00	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
2. Obras	125,00	Governo Estadual	Governo Estadual

Valor total: 515,00 milhões.

Cronograma Previsto

Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico	Set/09	Dez/09
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

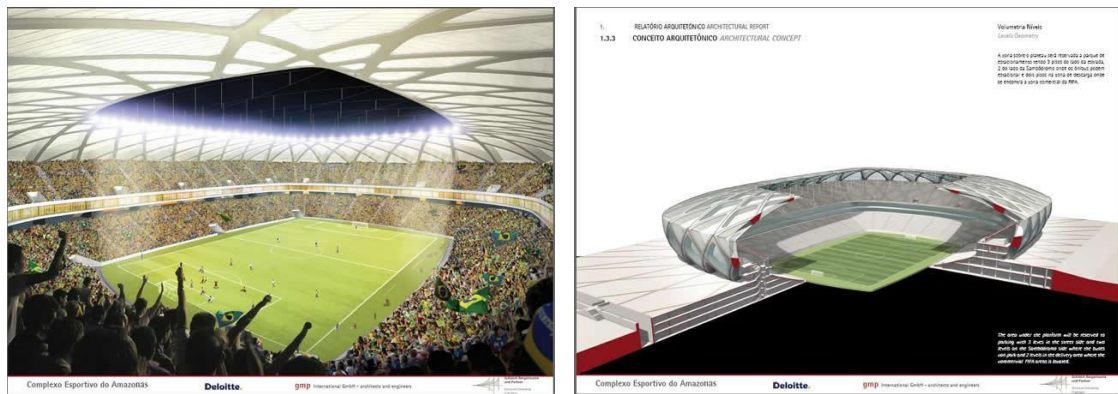
4.6.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue vista aérea de onde se localiza o atual estádio.



Seguem imagens do projeto desenvolvido pelo Grupo Stadia e pelo GMP para a adequação do estádio à Copa 2014.





4.6.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

A área total de cobertura do Estádio Vivaldão é de 29.256 m² (região hachurada em azul da Figura 16), correspondendo a 23.405 m² de área útil para instalação do SFCR.

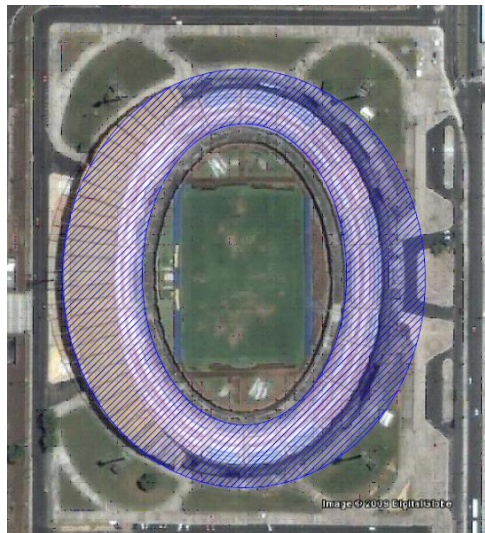


Figura 16 - Estádio Vivaldão, com área total para integração fotovoltaica hachurada em azul.

4.6.5 Custos do SFCR

Na Tabela 9 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 9 - SFCR Vivaldão: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
23.405	1,47	3.563	5,24	3,32	2.962	9,83

4.7 Natal - RN: Arena das Dunas

4.7.1 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

Em Natal, no lugar do atual Estádio Machadão e do Ginásio poliesportivo Machadinho será construída a Arena das Dunas, que terá capacidade para receber 45 mil pessoas.

Como a área coberta da Arena das Dunas será bem maior que a do Estádio Machadão, e como não dispomos de informações detalhadas do projeto, não foi feita a análise da área útil para instalação do SFCR e, conseqüentemente, não foi feito o levantamento do custo do SFCR desse estádio.

A capital do Rio Grande do Norte está bem atrasada no cronograma estabelecido pela FIFA. As obras começaram dia 18 de maio, ainda com trabalhos preliminares de terraplenagem no entorno do Machadão. O edital para a construção efetiva do novo estádio ainda não foi publicado. Está em fase de consulta pública, que deve terminar no final de maio.

O Estádio Arena das Dunas prevê investimento de R\$ 314 milhões. O estádio deverá estar concluído até o primeiro semestre de 2013, para atender aos jogos da Copa das Confederações, que irá ocorrer no início do segundo semestre.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

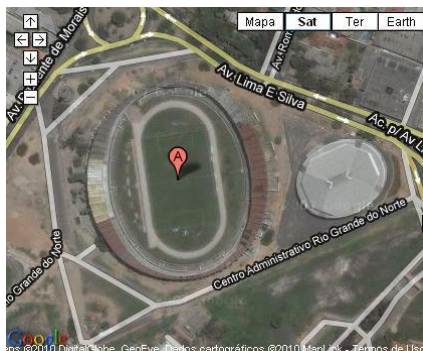
Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico	16,00	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	250,50	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
2. Obras	83,50	Governo Estadual	Governo Estadual
Valor total: 350,00 milhões.			

Cronograma Previsto

Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico	Jan/10	Mar/10
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

4.7.2 Vistas aéreas do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue a vista aérea do atual estádio.



Seguem imagens do projeto desenvolvido pela Populous Architects para o novo estádio esportivo na capital potiguar.



Arena terá capacidade para 45 mil pessoas e, segundo o governo, custará R\$ 300 milhões; verba para a obra será toda da iniciativa privada. [Mais Detalhes](#)

4.8 Porto Alegre - RS: Estádio José Pinheiro Borda (Beira-Rio)

4.8.1 Características

O estádio **Beira Rio**, cujo nome oficial é **Estádio José Pinheiro Borda** (Figura 17), pertence ao Internacional Sport Clube (é um dos três estádios particulares que serão utilizados na Copa 2014) e está localizado às margens do rio Guaíba em Porto Alegre. É o maior estádio do Rio Grande do Sul, e seu recorde de público foi de 106 mil torcedores em uma partida da seleção brasileira contra a seleção gaúcha. Atualmente o estádio tem capacidade para 56 mil pessoas.



Figura 17 - Imagem aérea do estádio Beira Rio.

4.8.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O Estádio Beira-Rio será reformado para atender às exigências da FIFA. O estádio receberá uma nova cobertura, construída em estrutura metálica, cobrindo todos os lugares do estádio, inclusive as rampas e os acessos aos portões.

A nova estrutura, projetada em módulos, permitirá uma construção rápida e em etapas, sem necessidade de interdição do estádio. Serão instaladas 62 mil cadeiras numeradas, oito mil vagas para estacionamento, novas cabines de imprensa, lojas, restaurante panorâmico, áreas de lazer e praça de alimentação, de acordo com informações oficiais da Câmara Municipal de Porto Alegre e do Sport Club Internacional, signatário da Matriz de Responsabilidades da Copa 2014.

A capital do Rio Grande do Sul está bem atrasada no cronograma estabelecido pela FIFA.

A remodelação do estádio Beira-Rio continua com as obras paralisadas por três motivos: falta de dinheiro, demora na aprovação dos projetos para isenção fiscal e a falta de aprovação pela prefeitura do projeto do novo estádio. O projeto básico seguiu somente no início de maio para aprovação da prefeitura.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico	0,00	Outros	Outros
2. Obras	130,00	Outros	Outros
Valor total: 130,00 milhões.			

Cronograma Previsto

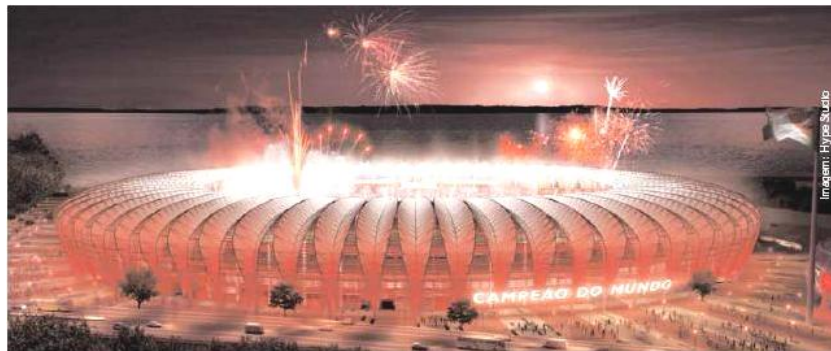
Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico	Não informado	Não informado
2. Obras	Mar/10	Ago/12

4.8.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue vista aérea do atual estádio.



Segue simulação artística de como será o novo estádio.



4.8.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

Para o estádio Beira-Rio a área total de cobertura considerada é a região hachurada em azul na Figura 18, que corresponde a 32.416 m². A área útil estimada para a instalação de módulos fotovoltaicos neste estádio é então de 25.933 m².



Figura 18 - Área disponível para integração fotovoltaica no estádio Beira Rio.

Na Figura 19 é apresentado o corte longitudinal da edificação com uma proposta alternativa de cobertura fotovoltaica (em azul) na qual os módulos solares apresentam uma inclinação diferente de zero grau, o que privilegiaria o aspecto arquitetônico. Caso a opção seja por uma inclinação dos módulos fotovoltaicos constante em relação aos planos das seções radiais, a orientação solar em relação ao norte geográfico irá variar em toda a circunferência, assim como a geração.



Figura 19 – Corte do Estádio Beira-Rio mostrando o local de instalação dos módulos, em azul.

4.8.5 Custos do SFCR

Na Tabela 10 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 10 - SFCR Beira-Rio: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
25.933	1,63	3.563	5,81	3,68	2.962	10,90

4.9 Recife - PE: Arena Cidade da Copa

4.9.1 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

A Arena Cidade da Copa, estádio de futebol nos moldes de arena multiuso, terá capacidade estimada para 46 mil pessoas e seis mil vagas de estacionamento, além de praças de alimentação, restaurantes, shopping center integrado, museu, cinemas, teatro e centro de convenções.

Como não dispomos de informações detalhadas do projeto, não foi feita a análise da área útil para instalação do SFCR e, conseqüentemente, não foi feito o levantamento do custo do SFCR desse estádio.

Para dar sustentabilidade econômica ao projeto, a Cidade da Copa vai abrigar um conjunto residencial com nove mil residências voltadas para as classes “B” e “C”, além de um centro comercial, hotéis e da própria Arena. Sem falar do Hospital Pelópidas Silveira, terceiro a ser construído pelo Governo, que será entregue em dezembro de 2010. O novo bairro também

será cortado por um VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) ou VLP (Veículo Leve sobre Pneus), que ligará os cerca de 36 mil moradores à estação de metrô.

O complexo será localizado no município de São Lourenço da Mata, em um terreno às margens do Rio Capibaribe, na fronteira com os municípios de Recife, Jaboatão dos Guararapes e Camarapés. A Cidade da Copa ficará a três quilômetros do Terminal Integrado de Passageiros - TIP (Rodoviária Estadual) e próxima às rodovias BR 101, BR 232 e BR 408.

Prometidas para começar em 10 de maio, as obras na Arena Capibaribe sofrerão novos atrasos. O motivo agora é o recurso impetrado pelo consórcio Andrade Gutierrez/OAS, que foi desclassificado na avaliação técnica. O Comitê da Copa pernambucano acredita que o atraso não altera o prazo de conclusão, marcado para dezembro de 2012.

Marcado inicialmente para ser publicado em 16 de setembro de 2009, o edital da Arena saiu apenas em 22 de março de 2010, devido a exigências da FIFA, que pediu novos estudos sobre sustentabilidade. Depois disso, foi mais uma vez adiado devido a alterações em cláusulas do edital sugeridas pelo Ministério Público. O governo promete começar as obras em maio.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos para o estádio é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

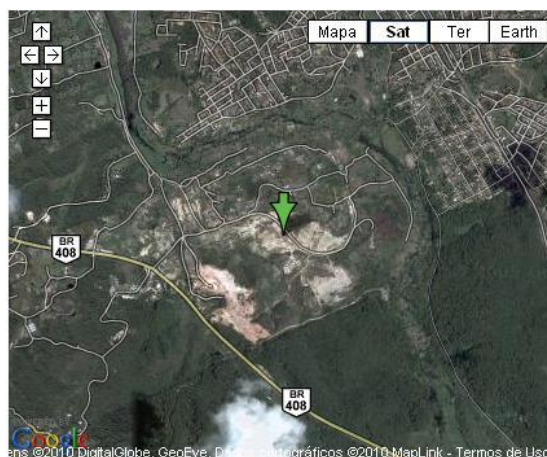
Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico	9,50	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	397,10	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
2. Obras	122,90	Governo Estadual	Governo Estadual
Valor total: 529,50 milhões.			

Cronograma Previsto

Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico	Out/08	Jun/09
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

4.9.2 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue a vista aérea de onde será construída a Cidade da Copa.



Seguem duas simulações artísticas de como será a Cidade da Copa e o estádio.



Perspectiva da futura cidade da Copa (crédito: Comitê Pernambuco na Copa)



4.10 Rio de Janeiro - RJ: Estádio Mário Filho (Maracanã)

4.10.1 Características

O **Estádio Jornalista Mário Filho**, mais conhecido como **Maracanã** (Figura 20), está localizado no Rio de Janeiro e foi inaugurado em 1950, tendo sido utilizado na Copa do Mundo de Futebol daquele ano. Desde então, o Maracanã foi palco de grandes momentos do futebol brasileiro e mundial, sendo um dos locais de competição dos Jogos Pan-Americanos de 2007, onde recebeu o futebol e as cerimônias de abertura e encerramento. O estádio pertence ao Governo do Estado do Rio de Janeiro.



Figura 20 - Vista aérea do estádio Maracanã.

4.10.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O Estádio Maracanã será reformado para se adequar à recomendação do Caderno de Encargos da FIFA.

O estádio receberá modificações em seus acessos, aumento no número de sanitários e de lanchonetes. O Maracanã vai receber também uma nova cobertura e a sua fachada, tombada pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), será mantida. Para atender às exigências da FIFA de criar pelo menos 14 mil vagas de estacionamento, o projeto vai utilizar locais em um raio de 1,5 km em volta do estádio. Serão mil vagas no próprio Maracanã, e as demais ficarão localizadas na Quinta da Boa Vista, UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), Colégio Militar e áreas do Exército.

Com reformas orçadas acima de R\$ 600 milhões, o Maracanã, provável palco da final da Copa 2014, é o estádio mais atrasado em relação às 12 sedes da competição. O lançamento do edital foi cravado em 16 de abril, mas a federação internacional interrompeu o processo e exigiu remodelações no projeto. O COL e a Secretaria de Obras fluminense se reuniram dia 3 de maio para discutir as modificações de itens como visibilidade e drenagem do campo e no entorno do estádio.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos para o estádio é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico	0,00	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	400,00	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
2. Obras	200,00	Governo Estadual	Governo Estadual
Valor total: 600,00 milhões.			

Cronograma Previsto

Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico	Dez/09	Jan/10
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

4.10.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue a vista aérea do Maracanã, como está agora.



Seguem imagens do projeto desenvolvido por Castro Mello Arquitetos para a adequação do Maracanã à Copa 2014.



4.10.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

Para o estádio do Maracanã a área total de cobertura considerada é a que cobriria as arquibancadas (região hachurada em vermelho na Figura 21), que corresponde a 28.952 m². A área útil estimada para a instalação de módulos fotovoltaicos neste estádio é então de 23.162 m². Na Figura 22 é apresentada a simulação de como ficaria o estádio após a integração dos módulos.



Figura 21 – Imagem aérea do Maracanã com a área disponível para integração de módulos fotovoltaicos.



Figura 22 – Simulação da imagem do estádio já com a integração dos módulos fotovoltaicos.

Na Figura 23 é apresentado um corte transversal de parte da edificação com uma proposta alternativa de cobertura fotovoltaica (em azul) na qual os módulos solares apresentam uma inclinação diferente de zero grau, integrando-se à arquitetura da edificação. Neste caso cada “gomo” que forma a estrutura circular do estádio teria os módulos em orientação específica, o que altera o nível de irradiação recebido pelo módulo solar quando em inclinação diferente de zero grau. Nos gomos orientados a norte haveria maior disponibilidade de irradiação (do que nos módulos sem inclinação), e conseqüentemente de geração; nos gomos orientados ao sul haveria menor irradiação e geração. Na média a instalação dos painéis inclinados em toda cobertura teria uma geração muito próxima daquela em que todos os painéis da cobertura fossem instalados na horizontal.

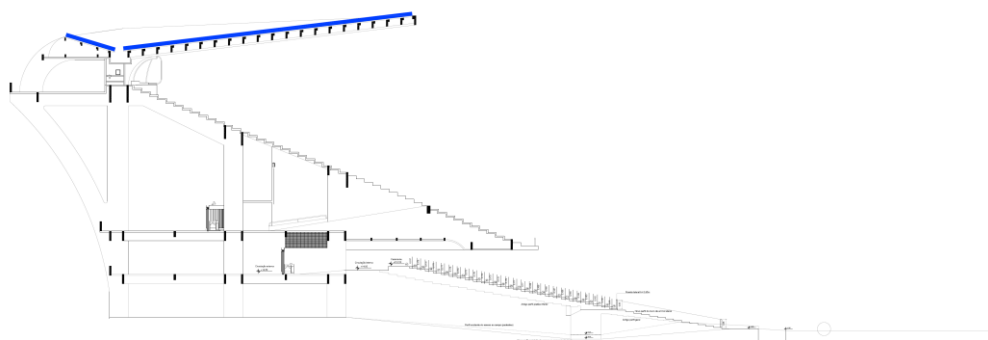


Figura 23 – Corte transversal do estádio mostrando, em azul, os módulos solares fotovoltaicos.

4.10.5 Custos do SFCR

Na Tabela 11 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 11 - SFCR Maracanã: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
23.162	1,46	3.563	5,20	3,28	2.962	9,72

4.11 Salvador - BA: Estádio Octávio Mangabeira (Fonte Nova)

4.11.1 Características

O nome oficial do Estádio **Fonte Nova** é Estádio **Octávio Mangabeira**. Ele está localizado em Salvador e é propriedade do Governo do estado da Bahia (Figura 24). Sua capacidade era de 60 mil pessoas até seu fechamento em 2007 pelo desabamento de parte da arquibancada.



Figura 24 - Estádio Fonte Nova.

4.11.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O Estádio da Fonte Nova será demolido e em seu lugar será construída uma nova arena, mais moderna, baseada nos moldes do Estádio de Hannover, na Alemanha, usado nos jogos da Copa de 2006. A responsabilidade pela execução das obras é do Governo do Estado da Bahia.

O novo Estádio da Fonte Nova ocupará uma área de 121 mil metros quadrados e terá capacidade para 50 mil lugares fixos; 50 camarotes, totalizando mil assentos; área de imprensa (variável até 1,6 mil posições); 2,5 mil assentos VIPs; museu do futebol; restaurante panorâmico; 62 banheiros; 46 bares; cobertura de estrutura metálica leve; e duas mil vagas de garagens na parte interna.

As obras na Fonte Nova começaram no dia 3 de maio, mas por enquanto os trabalhos se resumem à fixação de tapumes, montagem de pré-moldados, implantação de usina de

processamento de concreto e a instalação de equipamentos necessários para o processo de demolição.

O governador Jaques Wagner recebe no dia 27 de maio das mãos do prefeito de Salvador, João Henrique, o alvará de demolição da Fonte Nova. A expectativa do governo é iniciar a demolição mecânica da parte mais baixa do estádio no início de junho. A parte superior será demolida através de explosivos. Até o momento o Exército ainda não liberou a operação.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos para o estádio é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto Básico	2,20	Governo Estadual	Governo Estadual
2. Obras	400,00	Governo Federal (Financiamento BNDES)	Governo Estadual
2. Obras	189,50	Governo Estadual	Governo Estadual
Valor total: 591,70 milhões.			

Cronograma Previsto

Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto Básico	Set/08	Jan/09
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

4.11.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue a vista aérea do estádio da Fonte Nova, que será demolido em breve, para a construção do novo estádio no mesmo local.



Seguem imagens do projeto concebido pelos arquitetos Marc Duwe e Claas Schulitz para o estádio da Fonte Nova, na capital baiana.



4.11.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

Para o estádio Fonte Nova a área total considerada corresponde à região hachurada em vermelho na Figura 25, que corresponde a 28.286 m². A área útil estimada para a instalação de módulos fotovoltaicos neste estádio é então de 22.629 m².

Na Figura 26 é apresentada a simulação de como ficaria o estádio após a integração dos módulos solares fotovoltaicos.

A Figura 27 apresenta o corte longitudinal da edificação, indicando em azul a cobertura fotovoltaica.

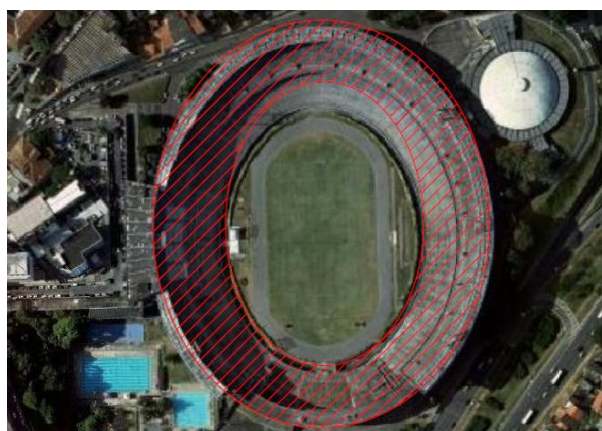


Figura 25 - Imagem da cobertura do Fonte Nova com a área para integração dos módulos fotovoltaicos.

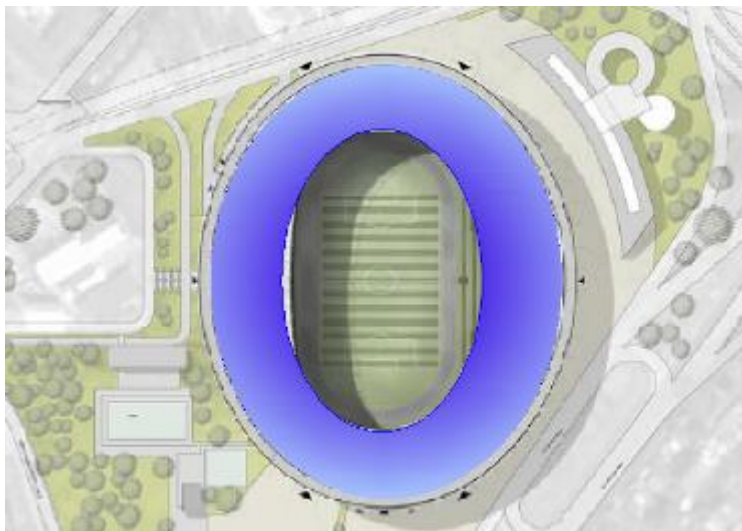


Figura 26 - Simulação da inserção dos módulos fotovoltaicos no novo estádio do Fonte Nova.



Figura 27 - Corte com a marcação em azul dos locais para instalação dos módulos fotovoltaicos no novo estádio do Fonte Nova.

4.11.5 Custos do SFCR

Na Tabela 12 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 12 - SFCR Fonte Nova: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
22.629	1,42	3.563	5,06	3,21	2.962	9,51

4.12 São Paulo - SP: Estádio Cícero Pompeu de Toledo (Morumbi)

4.12.1 Características

O **Estádio Cícero Pompeu de Toledo**, também chamado de **Estádio do Morumbi** (Figura 28) é sede oficial do São Paulo Futebol Clube. Pela sua capacidade, abriga a maioria dos clássicos disputados em São Paulo, além de já ter recebido a Seleção Brasileira inúmeras vezes. O Morumbi é o terceiro maior estádio do Brasil, superado apenas pelo Maracanã e pelo Mineirão. O estádio do São Paulo é também o maior estádio particular do Brasil.



Figura 28 - Estádio do Morumbi.

4.12.2 Projeto aprovado pela FIFA: investimento previsto, cronograma previsto e andamento das obras

O Estádio do Morumbi será reformado para a Copa 2014, adequando-se aos padrões definidos pela FIFA. O Caderno de Encargos da FIFA exige obras para aumentar a segurança e o conforto do torcedor tais como construção de cobertura nas arquibancadas, colocação de cadeiras anatômicas numeradas, criação de novos acessos à arena e melhoria na visibilidade do campo, entre outras.

A reforma será executada pelo São Paulo Futebol Clube e será financiada parte com recursos próprios do clube e parte será financiada pelo BNDES.

O detalhamento de investimentos e cronograma previstos para o estádio é informado nas duas tabelas seguintes [Fonte: Portal da Transparência - Copa 2014].

Investimentos Previstos

Etapa	Investimentos (em R\$ milhões)	Responsabilidade	
		Recursos	Execução
1. Projeto	5,00	Outros	Outros
2. Obras	85,00	Outros	Outros
2. Obras	150,00	Governo Federal (Financiamento BNDES)	
Valor total: 240,00 milhões.			

Cronograma Previsto

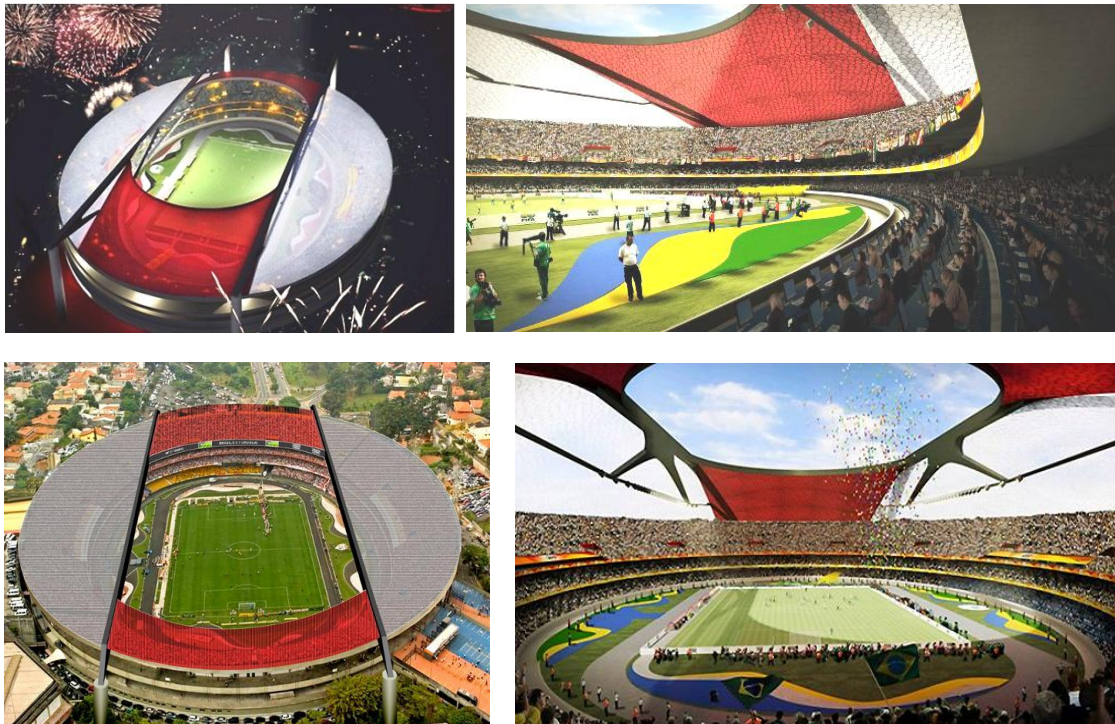
Etapa	Prazos	
	Início	Conclusão
1. Projeto	Jan/10	Dez/10
2. Obras	Mar/10	Dez/12
2. Obras	Mar/10	Dez/12

4.12.3 Vista aérea do local do estádio e vistas do estádio-sede em projeto

Segue a vista aérea do estádio do Morumbi, antes da reforma.



Seguem imagens do novo estádio do Morumbi, projetado pelo arquiteto Ruy Ohtake.



4.12.4 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

A área total de cobertura do Estádio Morumbi é de 21.755 m² (região hachurada em azul da Figura 29), correspondendo a 17.404 m² de área útil para instalação do sistema BIPV.

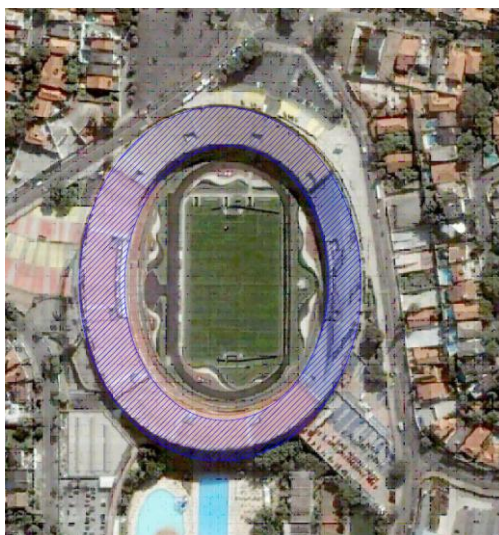


Figura 29 - Estádio Morumbi, com área total para integração fotovoltaica hachurada em azul.

4.12.5 Custos do SFCR

Na Tabela 13 são apresentados os valores de potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

Tabela 13 - SFCR Morumbi: área útil, potência total, custo do kWp e custo total, para as duas tecnologias analisadas.

área útil (m ²)	a-Si			p-Si		
	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo do kWp (€/kWp)	custo total (milhões de euros)
17.404	1,10	3.563	3,92	2,47	2.962	7,32

4.13 Salvador - BA: Estádio Governador Roberto Santos (Pituaçu)

4.13.1 Características

O **Estádio Governador Roberto Santos** (Figura 30), mais conhecido como **Estádio de Pituaçu**, devido ao nome do bairro onde está situado, fica em Salvador e é de propriedade do Estado da Bahia. Possui uma capacidade para 31.677 espectadores (depois da reforma ocorrida de 2008 a 2009) e já foi palco de grandes jogos, inclusive de uma partida da Seleção Brasileira válida pelas Eliminatórias para a Copa de 2010 (Brasil x Chile, 9/9/2009).



Figura 30 - Vista aérea do Estádio de Pituaçu.

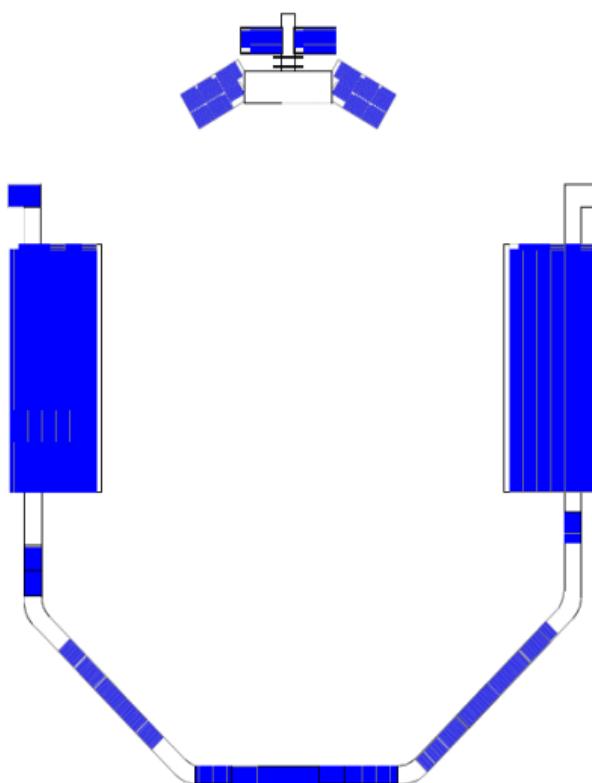
4.13.2 Área útil de cobertura disponível para instalação do SFCR

Este estudo propõe a instalação de módulos fotovoltaicos flexíveis de filmes finos de silício amorfo na cobertura do Estádio de Pituaçu.

Esse tipo de módulo fotovoltaico foi escolhido por não requerer reforço na estrutura (é um dos tipos mais leves de módulo fotovoltaico e a única estrutura necessária será a de fixação para chapas metálicas), pela facilidade e rapidez de instalação (são flexíveis, inquebráveis e são feitos para serem colados diretamente sobre chapas metálicas) e pelo menor custo por área coberta (com filmes finos de silício amorfo, o custo por área coberta é o menor dentre as tecnologias fotovoltaicas disponíveis). Uma foto desse tipo de módulo é mostrada a seguir.



A análise da cobertura do Estádio de Pituáçu (em plantas e em visitas ao estádio) identificou as áreas mostradas em azul nas duas figuras seguintes como viáveis para integração de módulos solares fotovoltaicos.

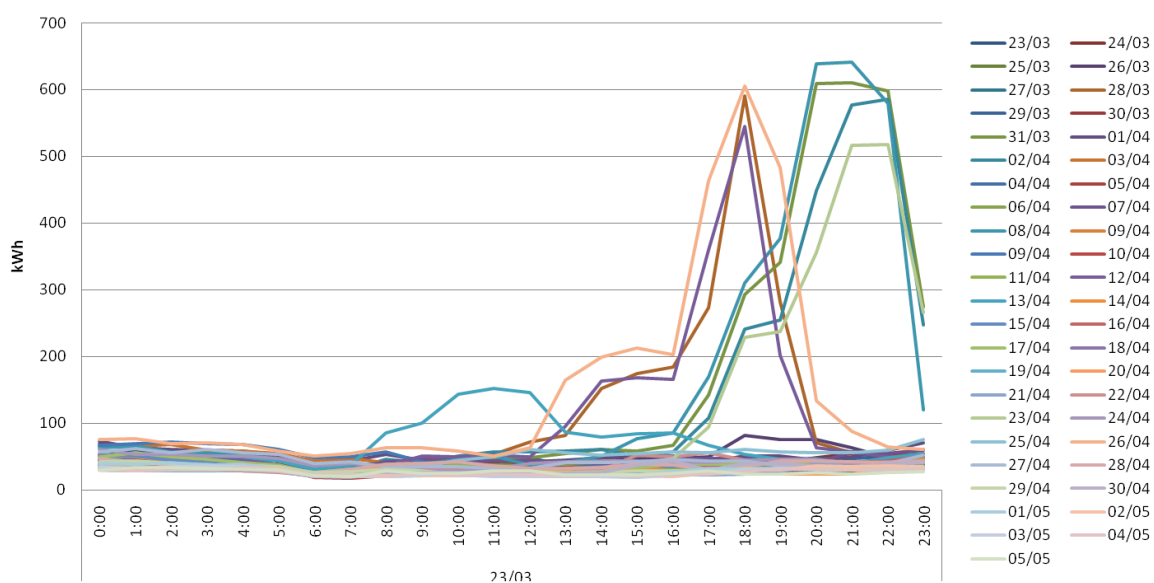


4.13.3 Características do SFCR proposto

Potência do modulo	144 Wp
Eficiência do modulo	6,7 %
Potência instalada	446 kWp
Custo estimado do SFCR	1,6 milhão de euros
Ângulo de inclinação	horizontal
Qde . módulos	3.096
Geração média diária	1,83 MWh
Geração média mensal	55,7 MWh
Geração média anual	669 MWh

Abaixo é apresentada a curva de consumo diário do estádio de Pituçu para o período de 23/03 a 05/05 de 2009.

Consumo horário do estádio Pituçu



A partir do consumo médio diário do estádio (1.254 kWh/dia), foi estimado o consumo anual de 458 MWh. A contribuição do SFCR proposto para o atendimento do consumo anual do Estádio de Pituvaçu seria então de 146%.

Consumo anual estimado do Estádio de Pituvaçu	458 MWh
Geração fotovoltaica anual	669 MWh
Participação da geração fotovoltaica no atendimento ao consumo anual do estádio (geração fotovoltaica /consumo do estádio)	146%

Estes valores apenas dão uma ideia de ordem de grandeza da contribuição, mas provavelmente não representam a realidade, pois foram utilizados os dados de consumo de apenas três meses.

5. Análise da influência da inclinação dos módulos sobre a geração dos SFCR propostos para os estádios-sede da Copa 2014

As análises feitas para todos os estádios consideraram o valor de irradiação solar recebida pelos módulos fotovoltaicos se eles estivessem instalados na horizontal (inclinação = zero grau). Mas como os módulos costumam ser instalados respeitando a inclinação das coberturas existentes, ou pelo menos 5 ou 10 graus de inclinação, para evitar a deposição excessiva da poluição, foi feita uma análise do quanto a geração dos módulos horizontais seria alterada para diversas inclinações dos módulos, mantendo a orientação para o norte geográfico. Os resultados são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Alteração no potencial de geração dos SFCR propostos, conforme mudanças na inclinação dos módulos

Estádios	Longitude	Latitude	Irrad. horiz. [kWh/m ²]	irradiação na inclinação I dividida pela irradiação no plano horizontal ≈ geração para inclinação I dividida pela geração para o plano horizontal					
				I=0°	I= latitude	I=5°	I=10°	I=15°	I=20°
Mineirão – MG	-43	-20	4,93	100%	107%	105%	106%	107%	107%
Mané Garrincha – DF (Estádio Nacional de Brasília)	-47	-16	5,46	100%	107%	105%	106%	107%	106%
Verdão - MT	-56	-16	5,42	100%	106%	105%	106%	106%	106%
Arena da Baixada – PR (Complexo Esportivo Curitiba)	-49	-25	4,57	100%	108%	106%	107%	108%	108%
Castelão – CE	-38	-4	5,64	100%	104%	104%	103%	102%	101%
Vivaldão – AM (Arena Amazônica)	-60	-3	5,12	100%	104%	104%	103%	102%	101%
Beira-Rio - RS	-51	-30	4,65	100%	107%	106%	108%	109%	109%
Maracanã - RJ	-43	-23	4,98	100%	107%	106%	107%	108%	108%
Fonte Nova - BA	-38	-13	5,23	100%	104%	104%	104%	104%	103%
Morumbi - SP	-46	-24	4,72	100%	107%	106%	107%	107%	107%

Pelos valores apresentados na Tabela 14, pode-se perceber que em todos os casos a instalação dos módulos com alguma inclinação aumenta o potencial de geração. Mas estes percentuais referem-se apenas aos módulos inclinados e orientados para o norte. Se os módulos estiverem inclinados e orientados para o sul, por exemplo, o potencial de geração diminui em vez de aumentar.

Em todos os estádios analisados as coberturas tendem a ser inclinadas com caimento em direção em centro do campo, deste modo se instalados os módulos seguindo a inclinação da cobertura, sempre haverá módulos orientados em pelo menos 4 direções. E sendo estas opostas, haverá ganhos e perdas na geração em relação à instalação horizontal, assim para as estimativas é razoável considerar os módulos sem inclinação.

É importante lembrar que as comparações apresentadas na Tabela 14 entre os potenciais de geração de energia para diversas inclinações continua prevendo a mesma área que seria utilizada para a instalação dos módulos fotovoltaicos a zero grau de inclinação. Para inclinação até 10 graus é razoável considerar a mesma área ativa, mas acima disso as áreas disponíveis e apropriadas para a integração fotovoltaica devem ser reavaliadas.

Considerações finais

Este relatório apresentou os resultados de estudos detalhados quanto a projetos de instalação de SFCR nos estádios do Mineirão e de Pituáçu. Além disso, apresentou análises preliminares de potencial fotovoltaico para nove estádios-sede da Copa 2014 (ou seja, dez estádios-sede foram analisados, incluindo o Mineirão).

Para cada estádio, foi analisada a possibilidade de utilização de duas tecnologias solares fotovoltaicas comercialmente disponíveis, a saber, a tecnologia tradicional do silício cristalino (c-Si) e a tecnologia de filmes finos de silício amorfo (a-Si). Em todos os casos, os valores apresentados se referem a potências máximas de cada tecnologia que podem ser acomodadas na cobertura de cada estádio.

A exceção fica por conta do Estádio de Pituáçu, cujo projeto já está aprovado pela ANEEL e prevê a instalação de módulos flexíveis a-Si, tendo sido apresentados nesse relatório os resultados somente do potencial para essa tecnologia.

Em relação aos custos estimados para estas instalações, o relatório apresentou, para todos os dez estádios, o custo de equipamentos com base nos preços finais verificados para o estudo do SFCR Mineirão, para as alternativas de tecnologia fotovoltaica consideradas.

Na Tabela 15 é apresentado um resumo com os valores de potência total e custo total dos SFCR propostos para os estádios analisados.

Tabela 15 - Relação de estádios cujos SFCR foram analisados, com valores de potência total e custo total.

Cidade	Estádio	a-Si		p-Si	
		potência total (MWp)	custo total (milhões de euros)	potência total (MWp)	custo total (milhões de euros)
Belo Horizonte - MG	Estádio Governador Magalhães Pinto (Mineirão)	0,64	2,29	1,38	4,10
Brasília - DF	Estádio Nacional de Brasília	1,10	3,92	2,48	7,35
Cuiabá - MT	Estádio José Fragelli (Verdão)	0,85	3,03	1,91	5,66
Curitiba - PR	Complexo Esportivo Curitiba	0,76	2,71	1,71	5,07
Fortaleza - CE	Estádio Governador Plácido Castelo (Castelão)	0,77	2,74	1,73	5,12
Manaus - AM	Arena Amazônica	1,47	5,24	3,32	9,83
Porto Alegre - RS	Estádio José Pinheiro Borda (Beira-Rio)	1,63	5,81	3,68	10,90
Rio de Janeiro - RJ	Estádio Mário Filho (Maracanã)	1,46	5,20	3,28	9,72
Salvador - BA	Estádio Octávio Mangabeira (Fonte Nova)	1,42	5,06	3,21	9,51
São Paulo - SP	Estádio Cícero Pompeu de Toledo (Morumbi)	1,10	3,92	2,47	7,32
Salvador - BA	Pituaçu	0,446	1,59		

Referências

Portal da Transparência - Copa 2014: www.portaltransparencia.gov.br/copa2014. Acessado em 27/05/2010.

Portal da Copa 2014: www.copa2014.org.br. Acessado em 27/05/2010.

Portal Fiscalização da Copa 2014: www.tcu.gov.br/copa2014. Acessado em 27/05/2010.

UFSC / IDEAL - Final Report - Feasibility Study - German-Brazilian Financial Cooperation - Project: Solar World Cup 2014 – Minas Gerais - *Utilization of the Mineirão-Mineirinho complex rooftops for the generation of electric energy with photovoltaic panels*. May - 2010

UFSC / IDEAL – Relatório Estádio Solar Pituvaçu, 2009