

CNPJ: 33.541.368/0001-16

Recife, 26 de Julho de 2016

Chesf-DEMG-080-2016

Ilma. Sra.

Rose Mirian Hofmann

Diretora de Licenciamento Ambiental

DILIC/IBAMA

SCEN - Setor de Clubes Esportivos Norte - Trecho 2

Ed. Sede do IBAMA. Cx. Postal nº: 09566

CEP: 70.818-900 - Brasília - DF

MMA/IBAMA/SEDE - PROTOCOLO	
Documento -Tipo:	<i>Carta</i>
Nº. 02001. 013	<i>981/2016-46</i>
Recebido em:	<i>1/8/2016</i>
Assinatura	<i>Rose Mirian Hofmann</i>

Assunto: Instalação e operação de Unidade Demonstrativa e de projeto-piloto de exploração de energia solar no reservatório da UHE Sobradinho

Referência: Of 02001.002066/2016-25 DILIC/IBAMA



Prezada Senhora,

Estamos encaminhando, para conhecimento deste Instituto, o Relatório de Desenvolvimento do P&D "Exploração de Energia Solar em Lagos de Usinas Hidrelétricas", correspondente à Etapa 1: Modelo Reduzido do Sistema Fotovoltaico de Balbina e Sobradinho, concluída em março último.

Informamos ainda que esta unidade demonstrativa foi removida após os testes iniciais, e que este Instituto será oportunamente informado das próximas etapas do projeto.

Colocamo-nos à disposição para qualquer esclarecimento que se faça necessário.

Atenciosamente,

Elvídio Landim do Rêgo Lima

Divisão de Meio Ambiente de Geração - DEMG

E-mail: elvidiol@chesf.gov.br

Entidade executora: Sunlution – Soluções em Geração Solar Ltda.
WEG – Equipamentos Elétricos S.A.

RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO

ETAPA 1 DO ANO 1

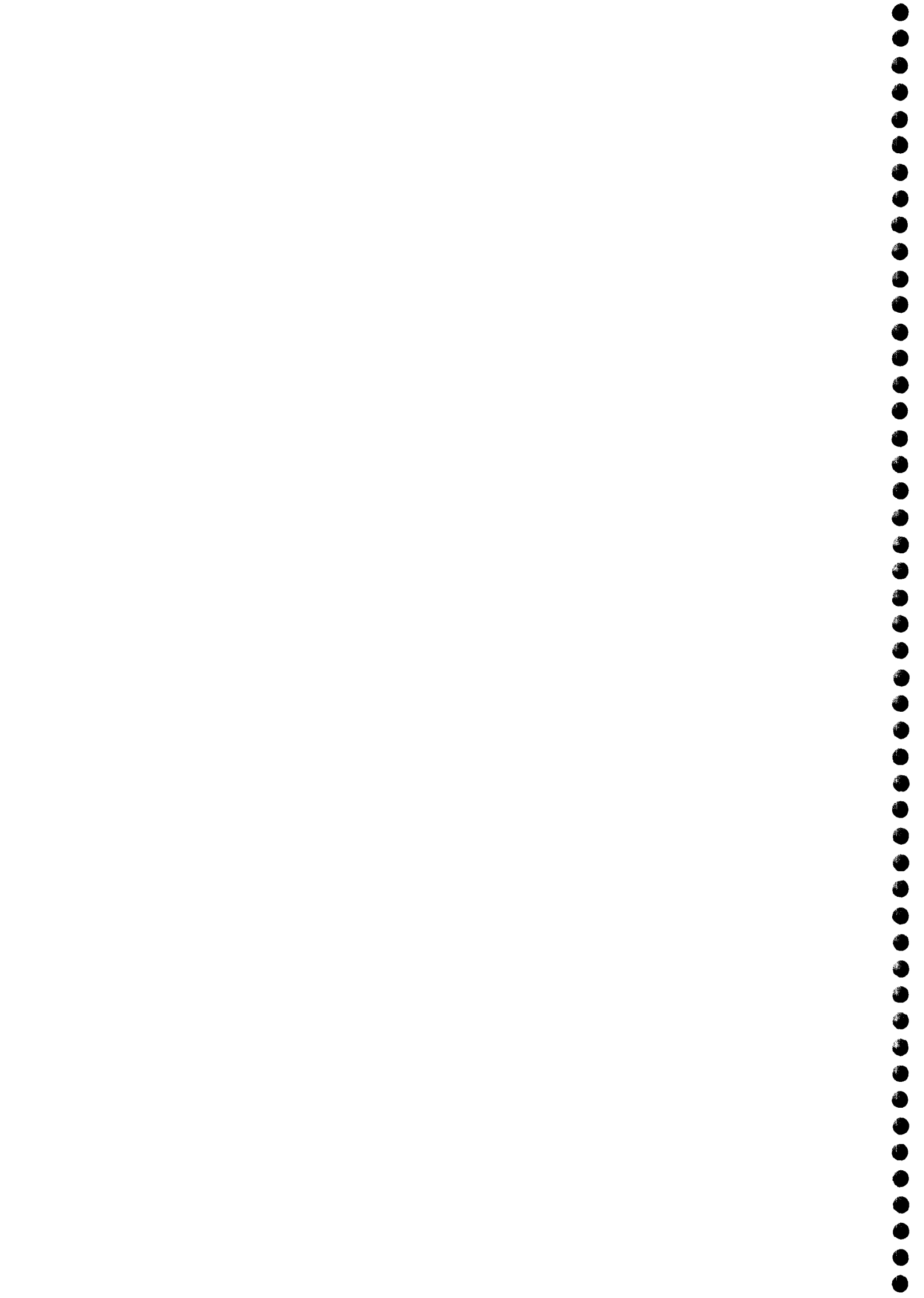
ETAPA 1: MODELO REDUZIDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BALBINA E SOBRADINHO

Período de Execução: de **22.02.2016** a **03.03.2016**

Gerente: Dr. Wady Charone Junior

Coordenador do Projeto: Prof. Jose de Castro Correa

São Paulo, 22 de abril de 2016



FICHA DE APROVAÇÃO DE RELATÓRIO TÉCNICO

PROJETO: Exploração de Energia Solar em Lagos de Usinas Hidrelétricas

ANO: 01	ETAPA: 01	PREVISTO	REALIZADO
		INÍCIO: 23/02/2016	INÍCIO: 23/02/2016
		TÉRMINO: 23/04/2016	TÉRMINO: 23/04/2016
NOME DA ETAPA ETAPA 1: PROJETO DE 1 MW			
PRODUTO PREVISTO MODELO REDUZIDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BALBINA E SOBRADINHO de 4,1 kWp			
DESCRITIVO COMPLEMENTAR PREVISTO >			
DESCRITIVO DO PRODUTO ENTREGUE > Memorial descritivo do Modelo Reduzido do Sistema Fotovoltaico > Diagrama unifilar > Datasheet painel fotovoltaico > Datasheet inversor > Relatórios PvSyst – Balbina e Sobradinho			
RELATÓRIOS PARCIAIS ENTREGUES > Nenhum			
OBSERVAÇÕES > O memorial descritivo deste documento foi generalizado para as duas instalações, embora o detalhamento da instalação foi citado para cada local.			

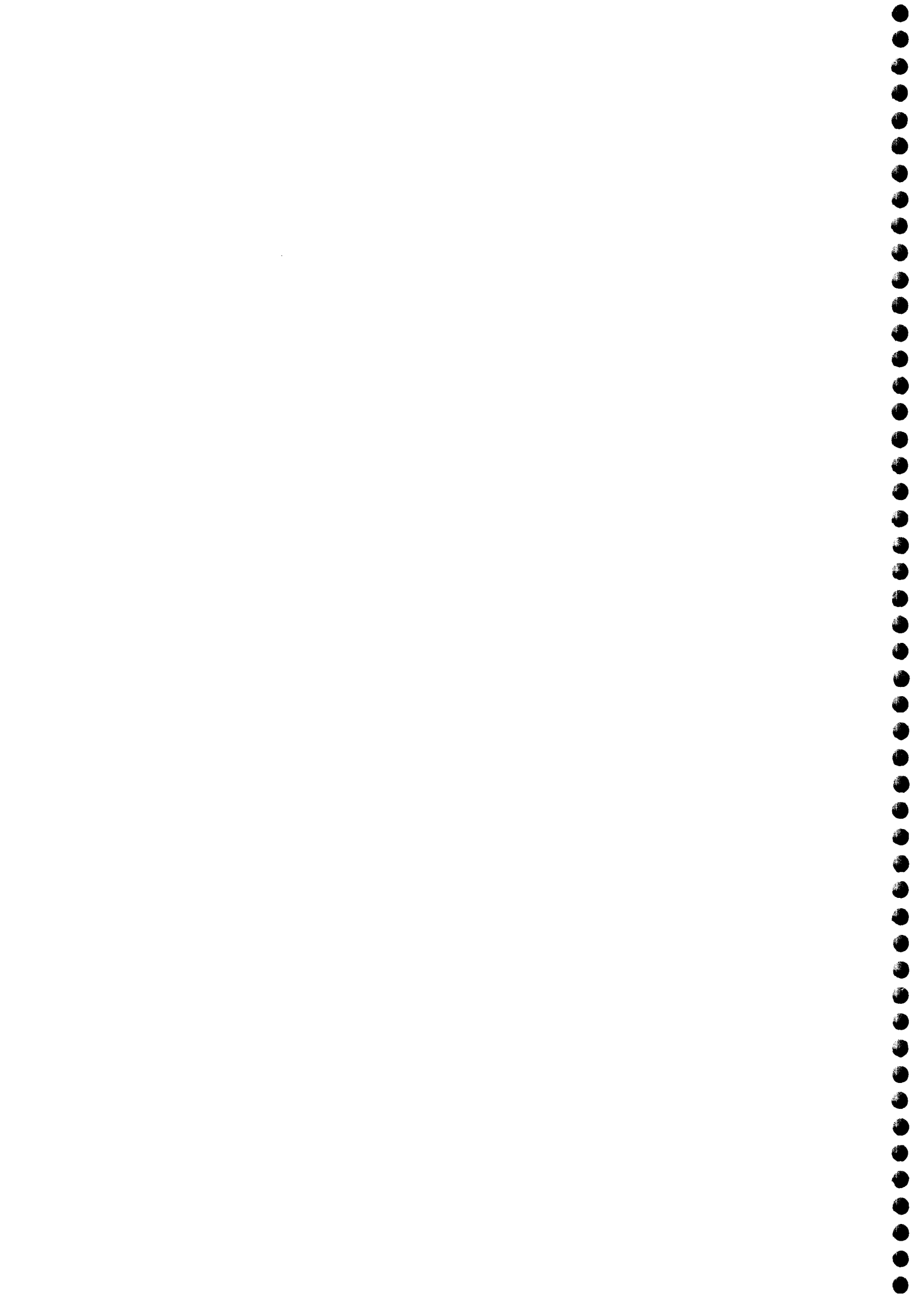
Posição do Gerente do Projeto

APROVADO

NÃO APROVADO

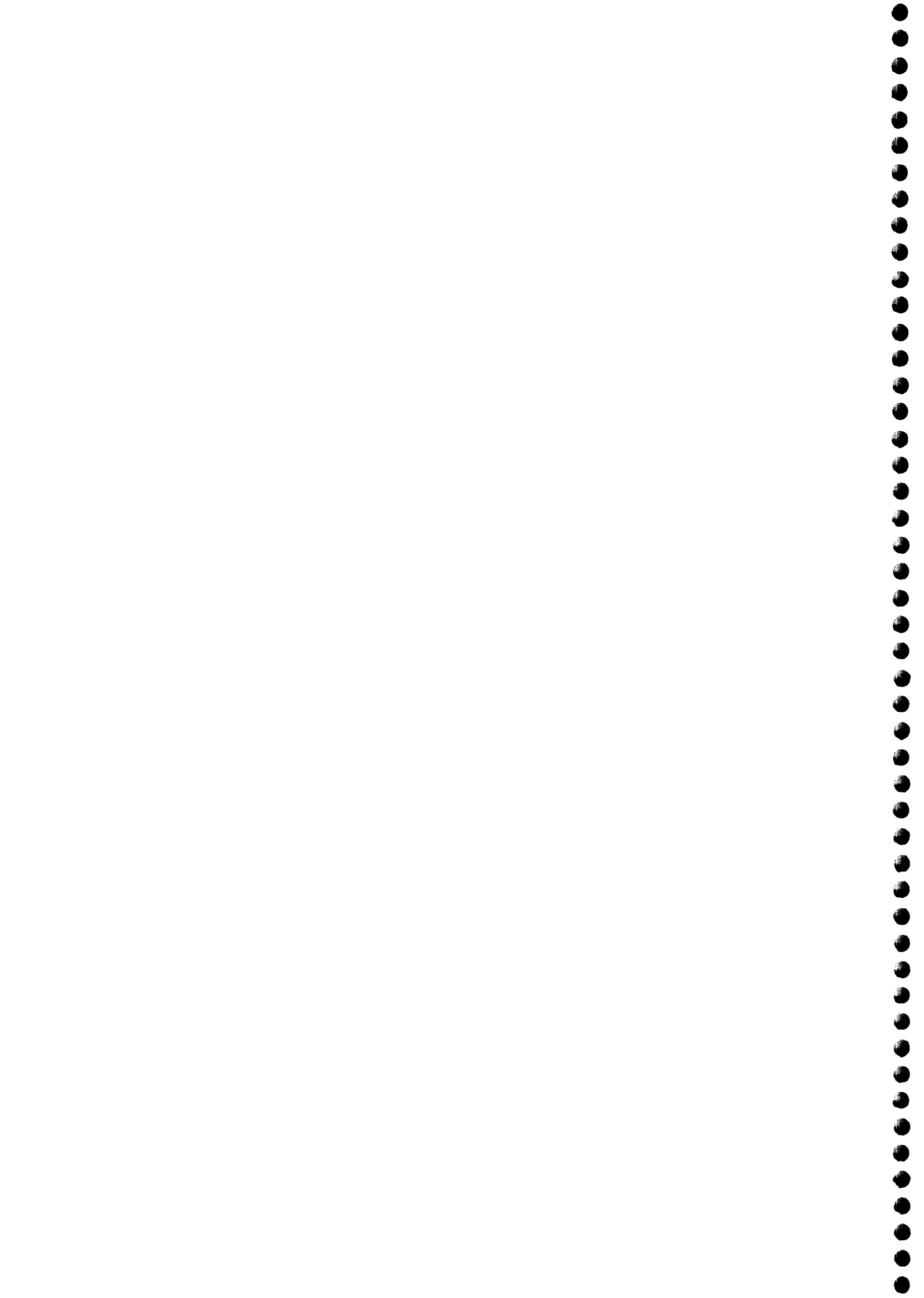
São Paulo, 22 de abril de 2016

Dr. Wady Charone Junior
Gerente do Projeto de P&D



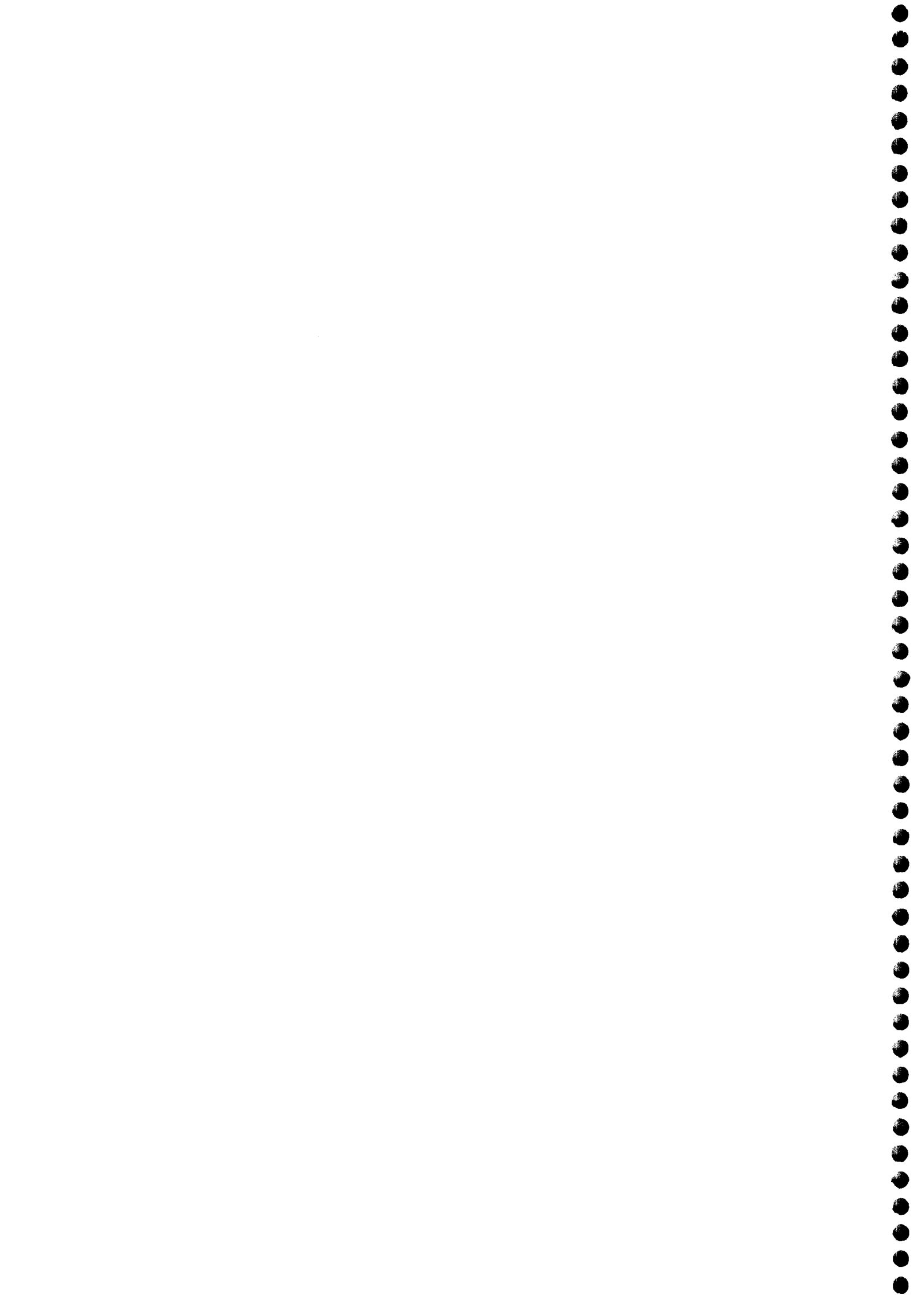
Sumário

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVO	7
3	MODELO REDUZIDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 4,16 kWp	9
3.1	MEMORIAL DESCRITIVO DE BALBINA E SOBRADINHO	9
3.1.1	Hydrelio©	9
3.1.2	Painéis Fotovoltaicos Jinko 260 Wp	10
3.1.3	Inversores SMA Sunny Boy 1.5	12
3.1.4	Cabos e conectores	13
3.1.5	Sistema de Monitoramento SCADA	14
4	INSTALAÇÃO DO MODELO REDUZIDO	16
4.1	Transporte e Logística	17
4.2	Instalação do Sistema FV de Balbina	18
4.2.1	Ancoragem da ilha fotovoltaica e marcação com boias	19
4.2.2	Montagem mecânica – Flutuadores – Hydrelio©	20
4.2.3	Montagem mecânica – Painéis Fotovoltaicos	22
4.2.4	Montagem Mecânica – Inversores	25
4.2.5	Ligação elétrica	25
4.2.6	Comissionamento e Testes	26
4.2.7	Resultados do Modelo Reduzido de Balbina	26
4.3	Instalação do Sistema FV de Sobradinho	27
4.3.1	Resultados do Modelo Reduzido de Sobradinho	31
4.4	Análise de Resultados	33
5	CONCLUSÃO	34
6	ANEXOS	35



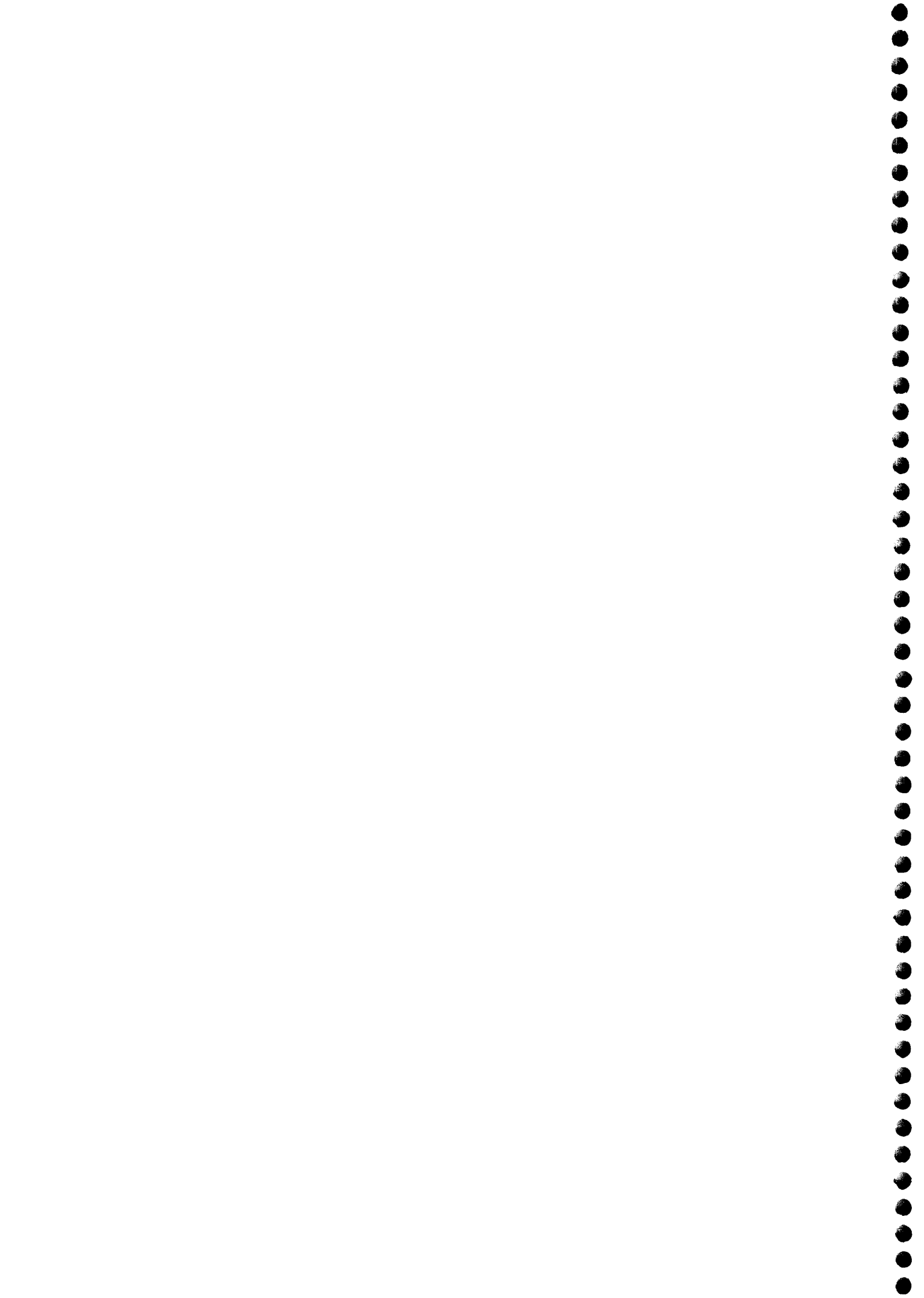
Lista de Figuras

Figura 1: Especificações técnicas dos Hydrelios©	10
Figura 2: Painel Fotovoltaico Policristalino Jinko 260 Wp.....	11
Figura 3: Inversor Fotovoltaico SMA – Sunny Boy 1.5	13
Figura 4: Cabos solares e conectores MC4.....	14
Figura 5: Tela principal do sistema de monitoramento SCADA	15
Figura 6: <i>Layout</i> mecânico do Modelo Reduzido	17
Figura 7: Flutuadores na transportadora de Manaus	18
Figura 8: Retirada de embalagem dos flutuadores	19
Figura 9: Escada de acesso entre a barragem e a plataforma flutuante	20
Figura 10: Praça de montagem do Modelo Reduzido de Balbina	21
Figura 11: Preparação dos Hydrelios© durante a instalação	21
Figura 12: Posicionamento dos painéis fotovoltaicos na Pick-Up para a área de montagem	22
Figura 13: Preparação dos trilhos e <i>brackets</i> para fixação dos módulos.....	23
Figura 14: Módulos fotovoltaicos fixados nos Hydrelios© principais.....	23
Figura 15: Lançamento da usina fotovoltaica no reservatório da hidrelétrica	24
Figura 16: Usina rebocada pelo barco da Eletronorte	24
Figura 17: Posição dos inversores fotovoltaicos em relação a usina	25
Figura 18: Distribuição da geração diária de energia do Modelo Reduzido em Balbina	27
Figura 19: Verificação dos materiais antes da instalação da usina	28
Figura 20: Materiais posicionados na rampa da barragem para início da instalação.....	29
Figura 21: Módulos fixados em cima da mesa para auxílio da instalação	30
Figura 22: Disco de concreto utilizado na ancoragem de Sobradinho.....	30
Figura 23: Modelo reduzido de Sobradinho.....	31
Figura 24: Distribuição da geração diária de energia do Modelo Reduzido em Sobradinho.....	32



Lista de Tabelas

Tabela 1. Cronograma de atividades previsto no projeto original com observações quanto a justificativa e ajustes quando necessário.....	8
Tabela 2: Quantidade de Flutuadores e acessórios	10
Tabela 3: Especificações gerais Painel Fotovoltaico Jinko 260 Wp.....	11
Tabela 4: Especificações técnicas Painel Fotovoltaico Jinko 260 Wp	12
Tabela 5: Especificações técnicas Inversor Sunny Boy 1.5.....	13



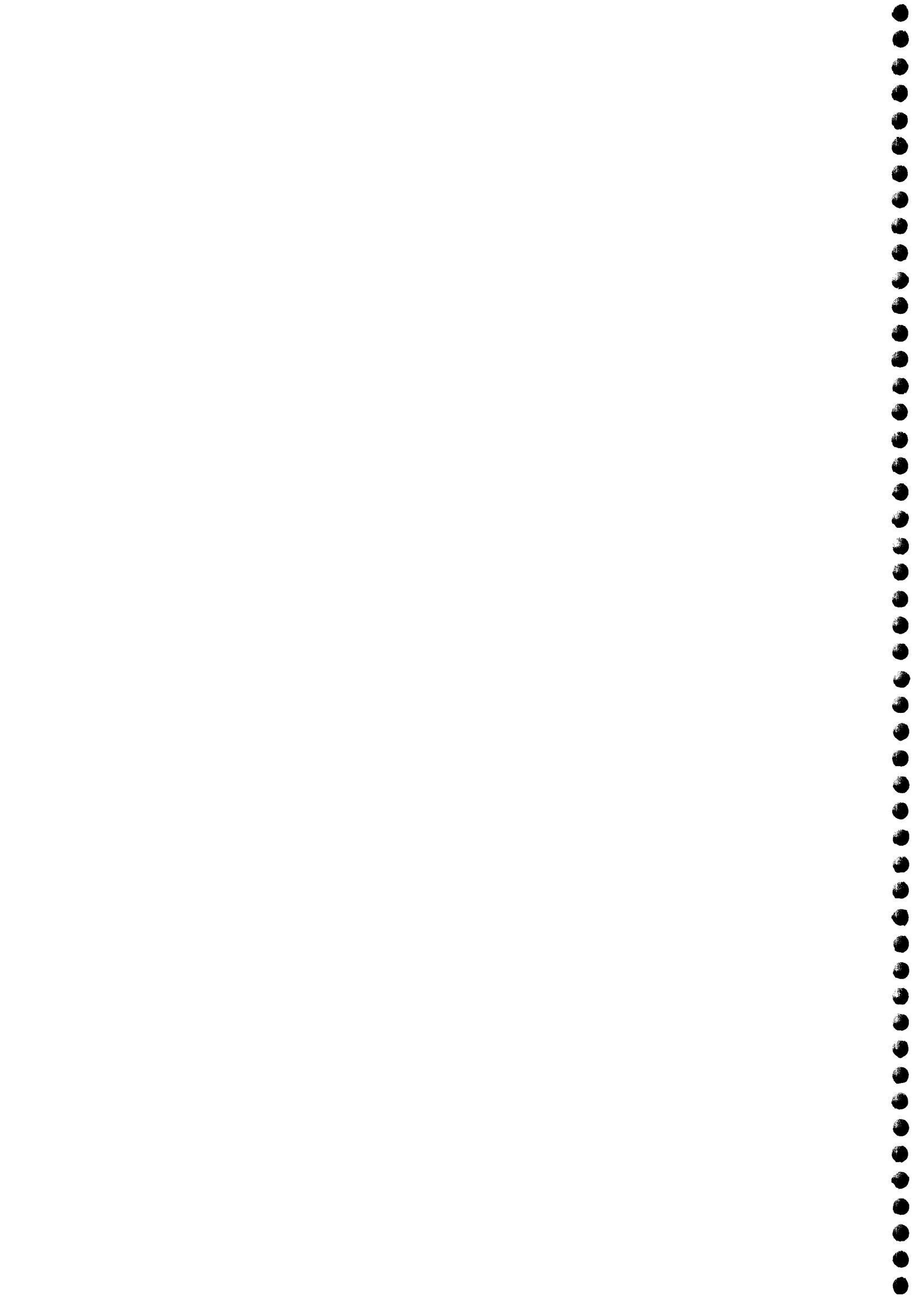
1 INTRODUÇÃO

O Projeto de P&D "Exploração de Energia Solar em Lagos de Usinas Hidrelétricas" é inédito no Brasil e apresenta novidades quanto a tecnologia Hydrelío© que permite a instalação de sistemas fotovoltaicos sobre a superfície da água. Os flutuadores, Hydrelío©, criados pela empresa francesa Ciel & Terre possuem a capacidade de suportar os módulos fotovoltaicos sobre a água, bem como, os esforços causados pela ação dos ventos e de ondas.

A pedido das contratantes, foi adicionado ao escopo do projeto um modelo de sistema fotovoltaico de tamanho reduzido, para permitir que as empresas Eletronorte, Chesf e as Universidades tivessem a oportunidade de adquirir maior conhecimento sobre essa nova tecnologia. O Modelo Reduzido de 4,16 kWp foi instalado nos lagos das Usinas Hidrelétricas de Balbina e Sobradinho pela equipe da Sunlution e WEG.

A instalação dos dois Modelos Reduzidos proporcionou às comunidades da região das Usinas Hidrelétricas constatar a simplicidade e a eficácia dos sistemas FV instalados sobre flutuadores e seus benefícios. Além disso, mostrou na prática a geração de energia limpa e os baixos impactos ambientais existentes no sistema solar flutuante.

Num primeiro momento, a geração de energia elétrica no Modelo Reduzido em Sobradinho apresentou um melhor desempenho se comparado à Balbina, maiores informações sobre esse resultado inicial assim como todos os detalhes de projeto e instalação serão especificadas neste relatório.

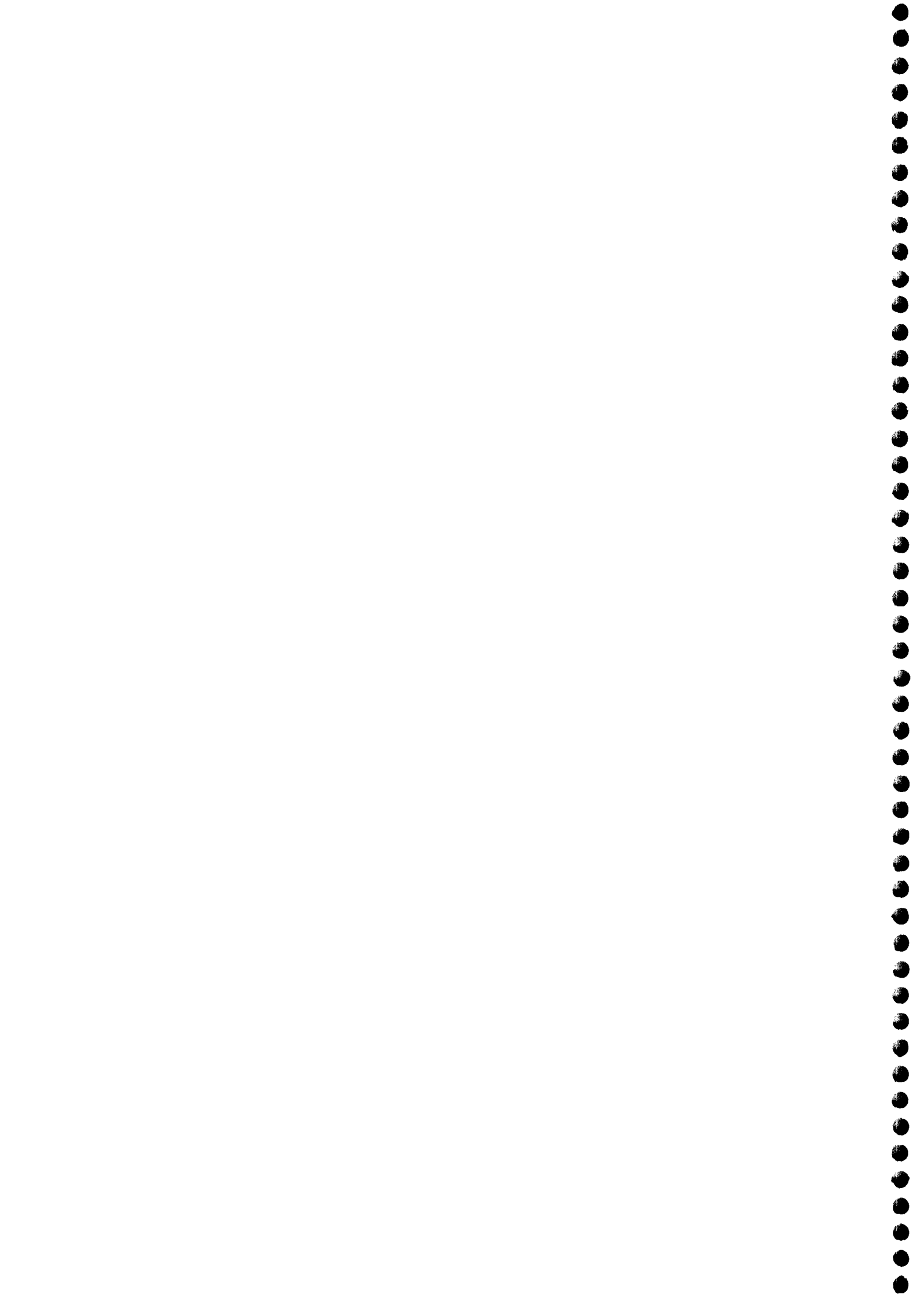


2 OBJETIVO

Instalar dois Modelos Reduzidos de sistemas solares fotovoltaicos utilizando a tecnologia de flutuadores Hydrelio© sobre os lagos das usinas de Balbina e de Sobradinho. Todas as etapas como, montagem mecânica, instalação elétrica, sistema de ancoragem e conexão com a rede local foram realizadas com o acompanhamento da equipe técnica das usinas.

Foi elaborado um relatório da montagem de operação em conjunto com filmagens profissionais e desenhos gráficos para futuros treinamentos e demonstrações. As Universidades participantes do P&D acompanharam essa instalação e puderam observar o seu funcionamento através dos dados obtidos pelo sistema de monitoramento chamado SCADA.

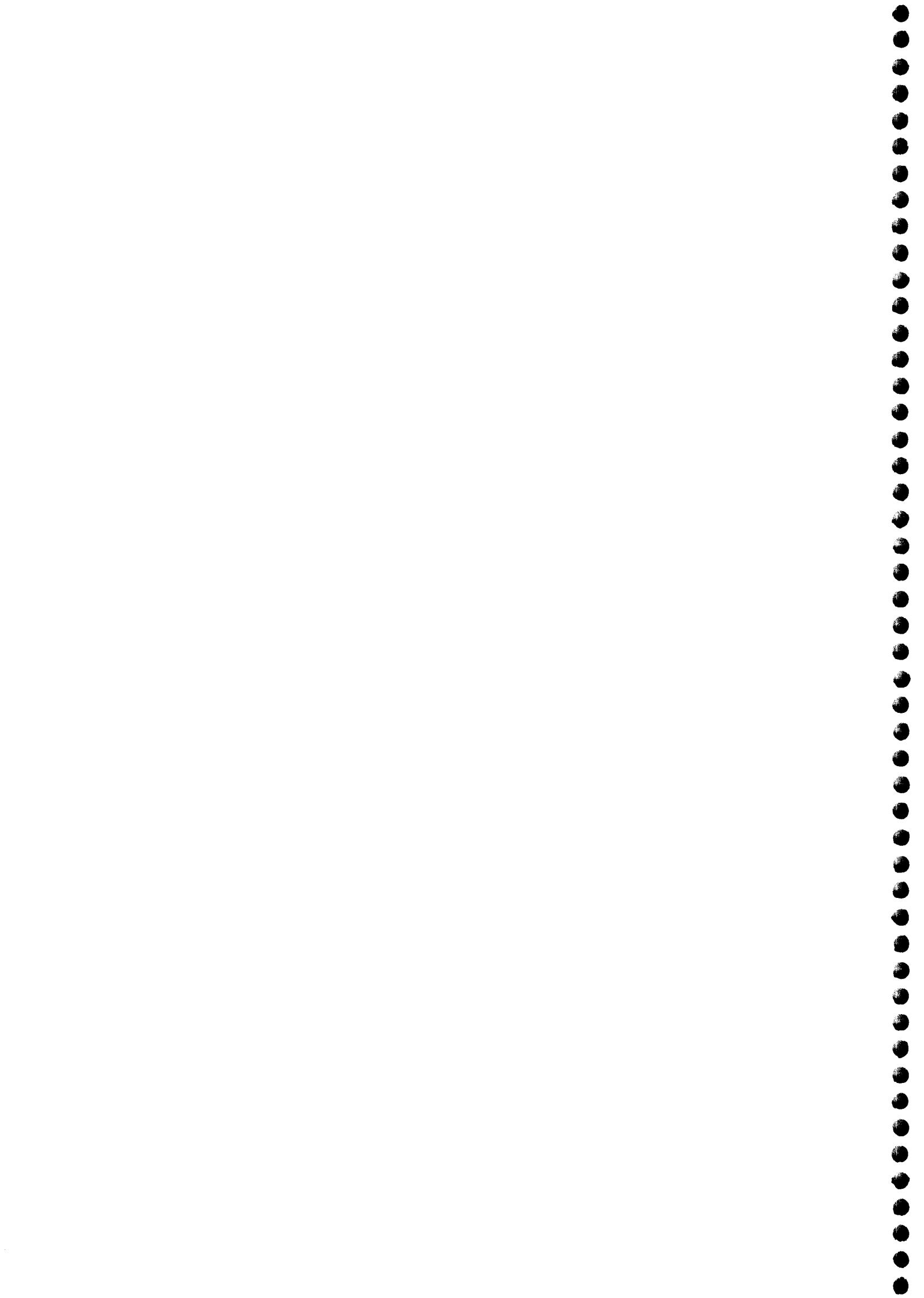
Os Modelos Reduzidos serviram também para melhor visualização de impactos ambientais existentes durante e após a instalação.



PROJETO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO ANEEL
 CONTRATO ELN: 4500085319

Tabela 1. Cronograma de atividades previsto no projeto original com observações quanto a justificativa e ajustes quando necessário.

ETAPA	DESCRIÇÃO DA ETAPA DA PESQUISA	ANO 1 (mês)												ANO 2 (mês)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	MODELO REDUZIDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BALBINA E SOBRADINHO	P	X	X																					
		R	X	X																					



3 MODELO REDUZIDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 4,16 kWp

O Projeto foi dimensionado para a potência de 4,16 kWp utilizando o software PvSyst que determina a capacidade de produção de energia elétrica em função dos dados de irradiação solar do local. O sistema de flutuadores Hydrelío® foi projetado para suportar os 16 módulos fotovoltaicos de 260 Wp, ocupando uma área de cerca de 60 m². Os sistemas foram instalados com êxito e conectados às redes das concessionárias Eletronorte e Chesf, que alimentam a iluminação da barragem nos locais.

3.1 MEMORIAL DESCRITIVO DE BALBINA E SOBRADINHO

O memorial descritivo deste relatório foi elaborado de maneira única para os dois Modelos Reduzidos, de Balbina e de Sobradinho, portanto os materiais, equipamentos, os flutuadores e suas quantidades foram dimensionados de forma igual para atenderem às duas situações.

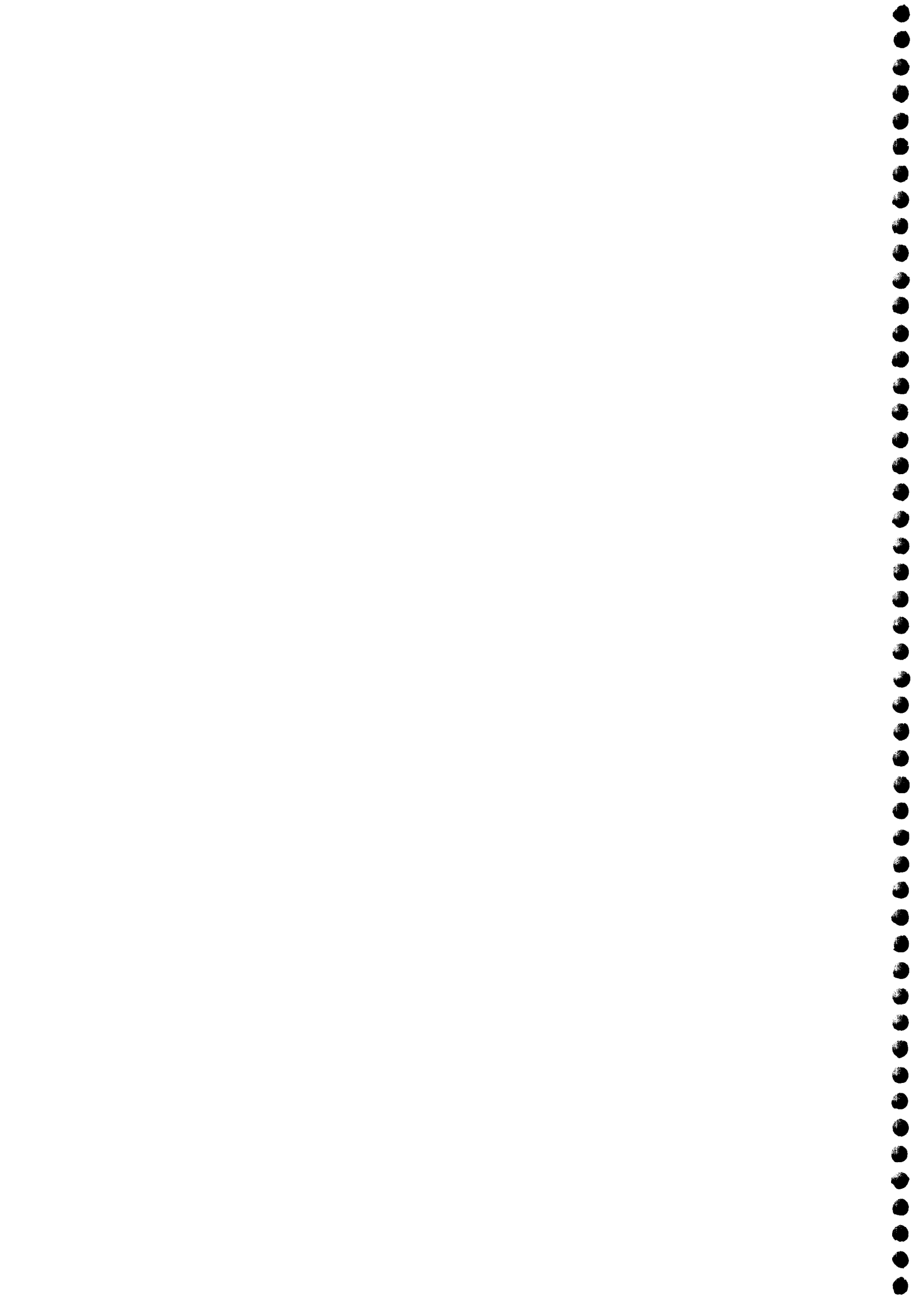
O Modelo Reduzido do sistema solar é composto pelos itens citados a seguir e serão detalhados individualmente neste relatório:

- Hydrelíos;
- Painéis Fotovoltaicos;
- Inversores;
- Sistema de monitoramento;
- Cabos e conectores;

3.1.1 Hydrelío®

A empresa francesa Ciel et Terre desenvolveu uma nova tecnologia para aplicação em usina solar fotovoltaica. Trata-se de flutuadores produzidos e dimensionados para que as usinas solares pudessem ser instaladas em lagos e reservatórios.

A estrutura flutuante que sustenta os módulos fotovoltaicos neste Modelo Reduzido, chamada de Hydrelío®, será produzida no Brasil. Atualmente a tecnologia



Hydrelio© é única no mercado mundial para esta aplicação. A figura e a tabela abaixo mostra os detalhes da estrutura flutuante.

Figura 1: Especificações técnicas dos Hydrelios©

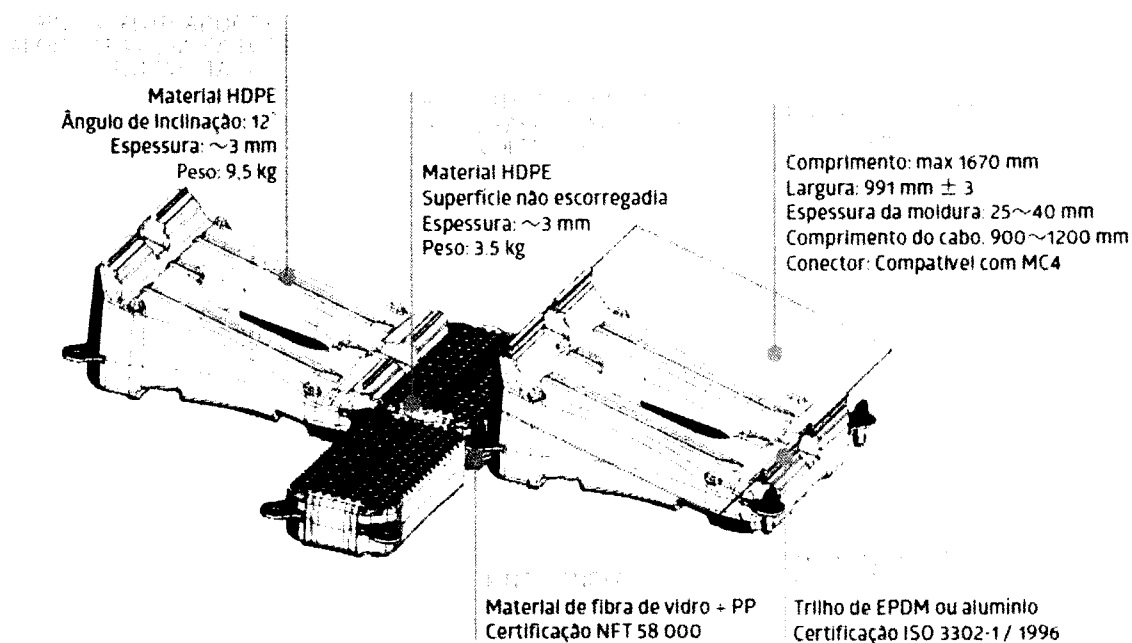


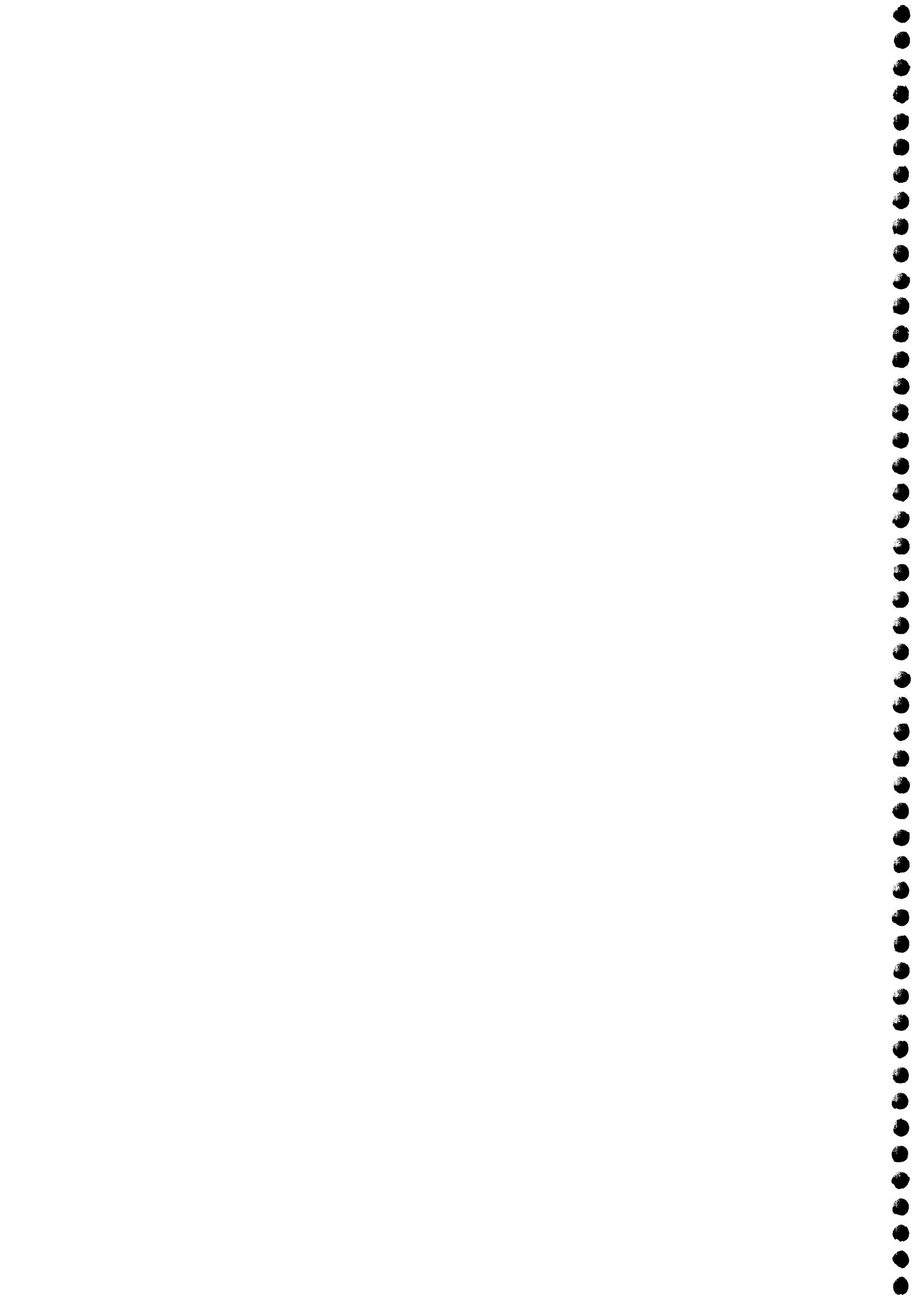
Tabela 2: Quantidade de Flutuadores e acessórios

Flutuadores principais	23 unidades
Flutuadores secundários	55 unidades
Trilhos	64 unidades
Brackets, Parafusos, Porcas metálicas	32 unidades
Pinos, porcas plásticas, contrapinos	114 unidades

3.1.2 Painéis Fotovoltaicos Jinko 260 Wp

O módulo JKM260P-60 da Jinko Solar é certificado pela norma IEC 61.215, que avalia as condições de durabilidade do equipamento em condições extremas. O painel apresenta uma estrutura robusta de 40 mm capaz de suportar uma carga de vento de até 2.400 Pa.

Foram utilizados 16 módulos de 0,260 Wp, totalizando uma potência de 4,16 kWp. O módulo apresenta garantia de funcionamento de 25 anos. A figura e as tabelas abaixo mostram o módulo modelo JKM260P-60 e suas especificações



técnicas. O *datasheet* completo do módulo pode ser encontrado anexo a este documento.

Figura 2: Painel Fotovoltaico Policristalino Jinko 260 Wp

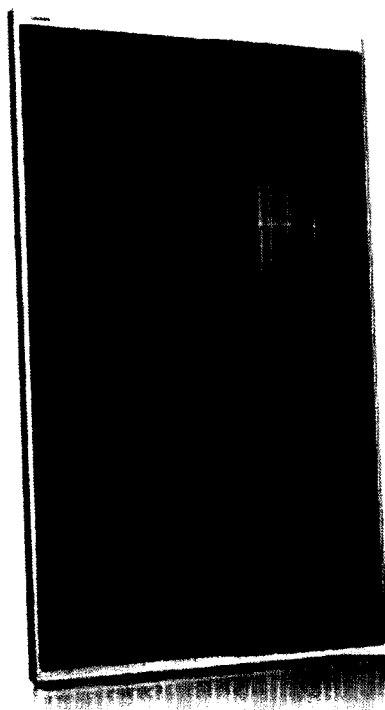


Tabela 3: Especificações gerais Painel Fotovoltaico Jinko 260 Wp

Tipo de Célula	Policristalino 156x156mm
Número de Células	60 (6 x 10)
Dimensões	165 x 992 x 40 mm
Peso	19.0 kg
Vidro Frontal	3.2 mm Alta Transmissão, baixo Ferro, Vidro Temperado
Moldura	Liga de Alumínio Anodizado
Caixa de Junção	IP67
Cabos de Saída	TUV 1x4.0mm ² , comprimento 900mm

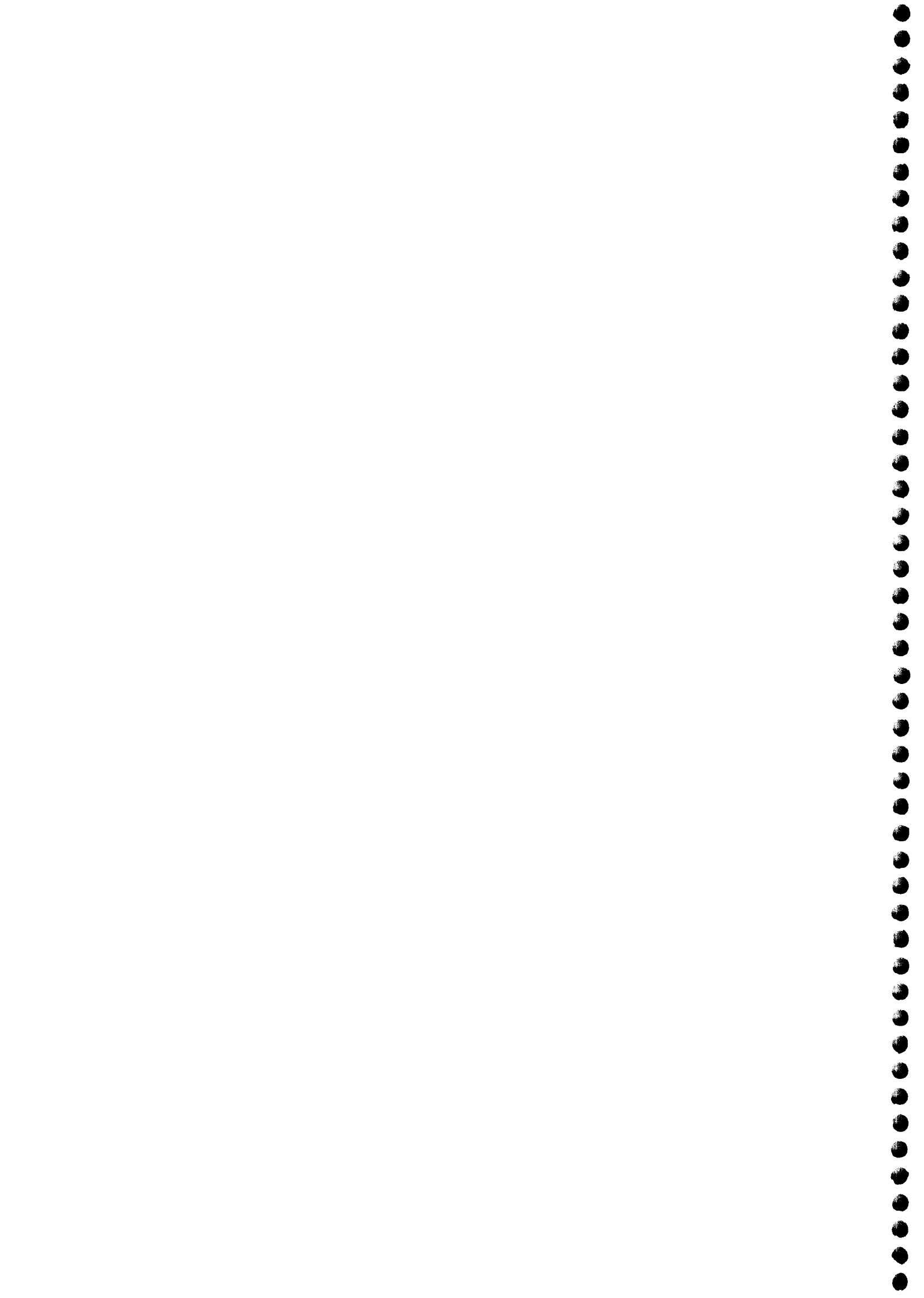


Tabela 4: Especificações técnicas Painel Fotovoltaico Jinko 260 Wp

	STC	NOSTC
Potência Máxima	260 W	193 W
Tensão de Potência máxima	31,1 V	28,7 V
Corrente de Potência máxima	8,37 A	6,71 A
Tensão de circuito aberto	38,1 V	35,2 V
Corrente de curto-circuito	8,98 A	7,31 A
Eficiência	15,89 %	
Temperatura de operação	40°C~+85°C	
Tensão Máxima admissível	1000 VDC	
Tolerância de Potência	0~+3%	
Coefficiente térmico de Pmax	-0.41%/°C	
Coefficiente térmico de curto-circuito	-0.31%/°C	
Coefficiente térmico de circuito aberto	0.06%/°C	
Temperatura de operação nominal (NOCT)	45 ±2	

3.1.3 Inversores SMA Sunny Boy 1.5

Para a conversão de corrente contínua para alternada, foram utilizados dois inversores da WEG (SMA – Sunny Boy 1500 TL), com potência de 1,5 kW cada. Esse conjunto é capaz de produzir uma geração de energia elétrica estimada em 5,71 MWh/ano em Balbina e 6,53 MWh/ano em Sobradinho conforme os Relatórios PvSyst, anexos a este documento.

Além disso, o inversor possui um sistema de monitoramento (*software*) integrado através da entrada de rede, chamado SCADA, capaz de medir a geração de energia instantânea, quantidade de emissão de CO2 evitados e outros dados importantes. A figura e as tabelas abaixo mostram os principais dados do inversor. O *datasheet* completo do inversor é encontrado anexo a este relatório.

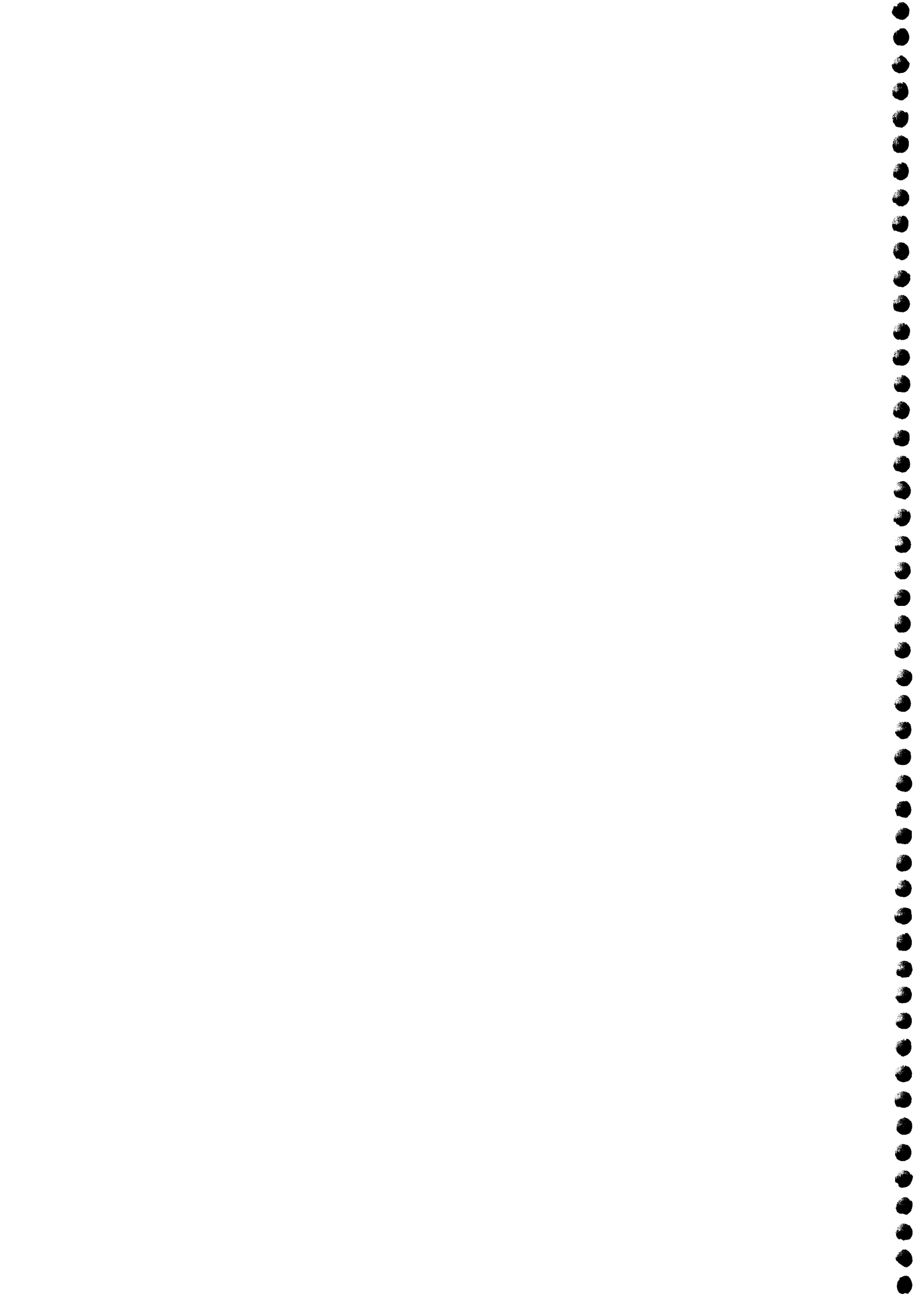


Figura 3: Inversor Fotovoltaico SMA – Sunny Boy 1.5



Tabela 5: Especificações técnicas Inversor Sunny Boy 1.5

Nome Técnico	Sunny Boy 1.5
Potência nominal	1500 W
Max Tensão Entrada	600 V
Faixa MPPT	160 V à 500 V
Quantidade de MPPT	1
Máxima corrente de entrada	10 A
Máxima corrente de saída	7A
Frequência	60 HZ
Tensão de saída	220V
Eficiência	97,2%

A conexão do sistema FV foi feita com a rede elétrica local existente na barragem das usinas hidrelétricas permitindo que o sistema FV alimentasse as cargas conectadas a essa rede.

Para melhor visualização do sistema FV instalado nas usinas hidrelétricas segue anexo neste documento o diagrama unifilar Modelo reduzido de 4,16 kWp.

3.1.4 Cabos e conectores

Foram utilizados cabos solares de 6 mm² e conectores MC4 para a conexão entre os módulos e os inversores. Algumas “extensões” foram criadas, em fato de

