

- SIGOPE - SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO E OPERAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS

A. PÓVOA*
CME, SA
Portugal

J. CORDEIRO
CME, SA
Portugal

Resumo – O presente artigo apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta informática que pretende apoiar a tomada de decisão no processo de operação e manutenção de parques eólicos. Sendo um software que se diferencia dos SCADAs (supervisory control and data acquisition) tradicionais pela direccionalidade aos pontos críticos de uma instalação típica de um parque eólico.

Palavras chave: Software – Operação e Manutenção – Energia Eólica – Manutenção Preditiva – Gestão da Operação – Exploração de Parques Eólicos – Parques Eólicos

1 INTRODUÇÃO

A produção de energia a partir de fontes renováveis está fortemente dependente da oportunidade de capturar o recurso energético existente no momento em que o mesmo está disponível. Uma vez que a existência do recurso eólico (vento) não se pode controlar, o grau de operacionalidade dos equipamentos de captura desta energia (Aerogeradores – denominados neste documento por AEGs) é um factor fundamental para a eficiência e optimização da produção de energia eléctrica. Por outro lado, a existência de recurso eólico excessivo (ventos fortes) impõe um grau de exigência extra aos equipamentos, o que torna a operacionalidade de um AEG como um elemento fundamental no sucesso de um projecto de produção de energia eólica.

À operacionalidade do um AEG dá-se o nome de disponibilidade para produção de energia, sendo a variável “indisponibilidade” a utilizada para como standard nesta indústria. Considera-se como bom um parque com “disponibilidade” acima dos 97%.

A indisponibilidade de um equipamento pode ter origem em paragens motivadas por avarias de componentes, ou acções de manutenção.

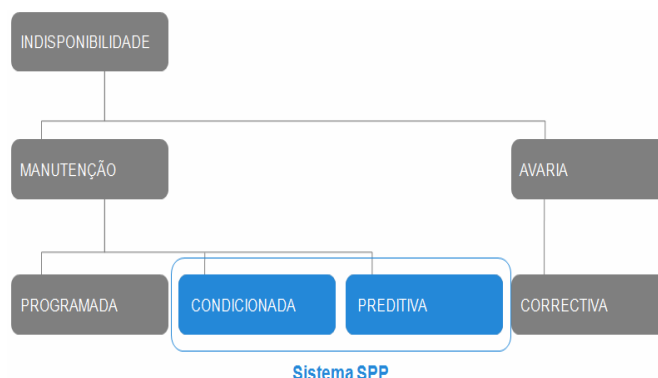


Fig. 1- Causas genéricas para indisponibilidade

Com o objectivo de minimizar os tempos de paragem, em especial os motivados por avarias, decidiu-se desenvolver um software específico que permitisse identificar regimes de funcionamento padrão que

evidenciassem a evolução de indícios de avaria e permitisse antecipar acções correctivas de forma a evitar paragem de produção em alturas em os AEGs devem estar disponíveis para produzir. Desenvolveu-se assim um sistema de manutenção preditivo que permite desenvolver acções de manutenção condicionadas à identificação de desvios de comportamento normal de componentes.

Níveis de Manutenção vs Serviços de Operação



Fig. 2 – Níveis de manutenção vs serviços de operação

2 OBJECTIVOS DO PROJECTO

Este projecto teve como objectivo a implementação de um sistema de supervisão de funcionamento dos AEGs baseado em metodologias de manutenção preditiva. Objectivos principais:

- Identificar indícios e tendências para avarias;
- Estabelecer programas específicos de análise de diagnóstico para despistagem / confirmação de avarias;
- Redução dos tempos de paragem: com a consequente perda de produção de energia;
- Redução dos custos da reparação: evitar o colapso de grandes componentes, com a consequente perda total dos mesmos;
- Diminuir os custos e complexidade das operações de reparação: reduzir a dificuldade e os meios envolvidos nas operações de reparação.

Este projecto pretende assim diminuir o risco de ocorrência de paragem de AEGs cuja probabilidade de ocorrência é maior quando o recurso eólico é mais produtivo.

Consideremos um exemplo ilustrativo os tempos e os recursos necessários a uma reparação de uma avaria de um grande componente com necessidade de intervenção de meios pesados e (reparação reactiva) vs. a reparação planeada na sequencia da identificação do problema antes da avaria (reparação pró-activa), Figura 3.

3 PREPARACIÓN DE ARTÍCULOS

Actualmente os sistemas de informação de acompanhamento do funcionamento de AEGs, SCADAS, apenas disponibilizam informação de forma reactiva ou seja, o registo e a identificação de uma avaria só acontece após a sua ocorrência, não existindo assim uma forma tecnológica de previsibilidade de ocorrência de avaria para esta indústria.

Por outro lado, os sistemas de manutenção preditiva disponíveis no mercado são baseados em equipamento de recolha de dados de vibração de componentes instalados nos aerogeradores. Estes sistemas implicam a instalação de hardware e sistema de comunicação em cada aerogerador com custos de instalação e complexidade de intervenção bastante elevados, o que torna economicamente não viável a instalação destes equipamentos, principalmente em aerogeradores de baixa potência.

O Sistema SPP tem como base o tratamento estatístico de dados. A metodologia SPP assenta no tratamento estatístico dos dados existentes em SCADA, não sendo necessário a instalação de equipamentos (hardware)

extra. Com base nos resultados dos algoritmos desenvolvidos são emitidas alertas que permitem orientar estudos e análises mais detalhados, utilizando meios de diagnóstico específicos para a situação.

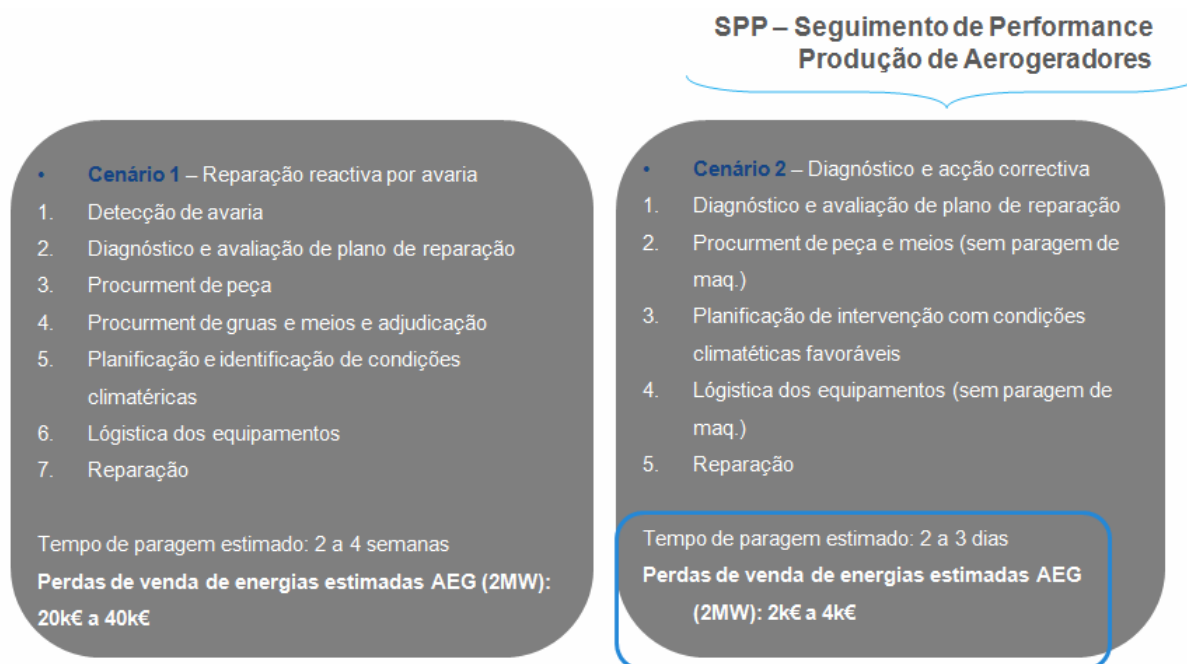


Fig. 3 – Níveis de manutenção vs serviços de operação

4 FASES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

Este projecto foi desenvolvido nas seguintes fases:

1. Recolha e tratamento de dados históricos do parque;
2. Identificação de padrões normais de funcionamento;
3. Identificação de desvios;
4. Confirmação dos resultados pela sistematização de existência de incidente;
5. Implementação de acções correctivas e avaliação do impacto dessas acções face ao normal funcionamento dos equipamentos.

4.1 Recolha e tratamento de dados históricos do parque

Nesta fase foram necessários recolher, standardizar e sistematizar os dados históricos disponíveis em bases de dados dispersas de forma a tornar possível o seu tratamento estatístico.

4.2 Identificação de padrões de funcionamento

Nesta fase foram efectuadas diversas análises estatísticas que permitiram identificar tendências e padrões de funcionamento dos AEGs. Os resultados foram analisados e identificados os padrões de funcionamento normal para sistematização de padrões de desvio.

Tratamento de Temperaturas:

Temp.	Máx/Méd.	Ano	Temp Amb	T401	T402	T403	T404	T405	T406	T407	T408	T409	Média
Inverno	Max.	2005	14,90	53,33	53,58	53,42	58,20	59,60	59,89	53,36	55,17	56,70	55,90
		2006	14,55	53,67	57,17	53,92	58,56	60,00	54,11	51,58	56,17	56,50	55,70
		2007	14,85	52,75	55,33	52,50	63,33	61,75	59,75	52,17	64,50	77,33	60,60
		2008	15,39	56,89	57,50	56,75	72,75	64,83	63,67	54,25	63,67	78,18	63,20
		2009	15,06	56,17	61,17	59,92	62,67	77,67	64,08	57,58	70,92	61,67	63,50
	2010	13,54	53,00	55,00	71,00	56,00	62,00	59,00	61,00	83,00	56,00	61,80	
	Med.	2005	8,30	45,93	46,30	45,31	48,34	49,28	49,11	46,28	46,94	48,07	47,30
		2006	10,31	46,75	47,20	45,25	48,88	50,54	46,24	45,19	48,58	48,56	47,50
		2007	9,72	45,74	47,24	46,06	61,94	53,53	49,36	46,14	54,58	71,03	52,80
		2008	9,72	49,34	49,33	49,20	64,90	55,66	54,60	47,28	54,11	63,29	54,90
2009		9,63	48,58	52,72	51,23	51,54	70,31	54,86	49,06	63,57	52,91	55,00	
2010	7,98	42,96	46,67	50,10	46,71	49,76	51,67	47,76	75,91	47,51	50,90		
Verão	Max.	2005	36,89	53,43	57,63	60,88	64,78	61,50	64,33	58,88	58,25	55,80	59,90
		2006	27,79	53,88	58,50	60,25	62,38	60,38	66,40	55,50	57,89	61,56	59,60
		2007	44,63	53,00	54,88	57,38	71,33	62,67	65,11	55,57	62,56	71,50	61,60
		2008	28,35	56,14	59,75	58,50	72,38	65,13	64,75	53,00	60,88	77,57	62,10
		2009	25,21	58,50	65,50	65,50	71,00	81,78	69,67	60,75	75,63	64,50	68,10
	2010	17,00											
	Med.	2005	29,94	48,80	51,18	52,51	55,09	52,66	55,45	52,91	51,06	50,60	53,30
		2006	21,64	49,03	51,06	51,90	54,16	53,63	54,96	50,23	51,11	53,50	52,20
		2007	38,72	48,93	49,28	51,61	64,42	54,60	54,82	50,65	55,12	65,67	55,00
		2008	22,86	50,99	53,30	52,62	65,92	57,81	58,11	50,02	54,25	72,33	53,30
2009		19,82	51,97	58,77	56,89	62,76	76,21	62,02	55,57	70,24	56,81	61,20	
2010	17,00												

Fig. 4 – Tipificação de dados e identificação de valores máximos e médio (inverno/verão)

2. Passo:

Regime funcionamento:

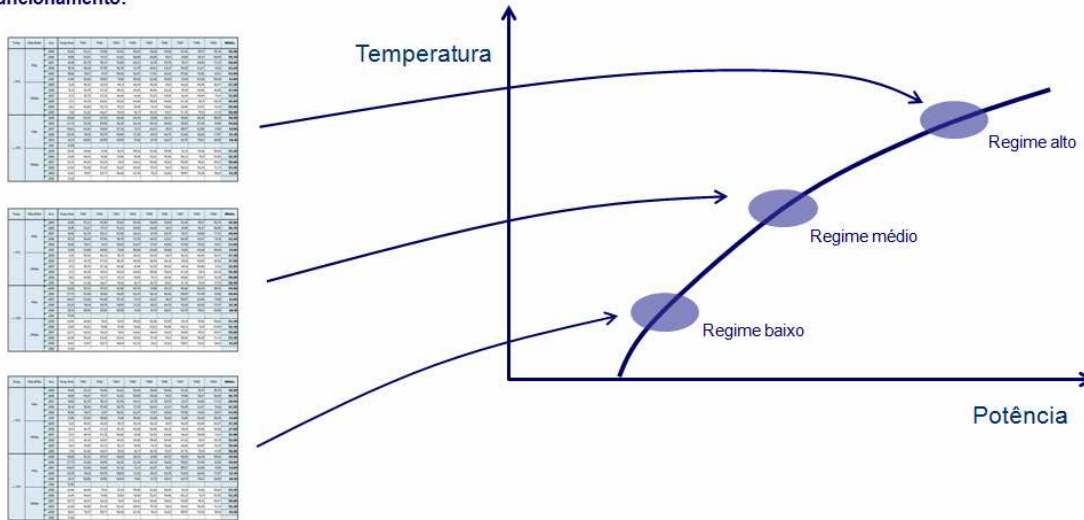


Fig. 5 – Caracterização dos níveis de funcionamento dos AEG's

4.3 Identificação de desvios

Foram estabelecidos diversos algoritmos e análise estatística de dados. Estes algoritmos foram ajustados e catalogados de forma a poderem ser confirmada a coerência entra a identificação do desvio e a existência de histórico de avarias.

Comportamento funcionamento últimos 7 dias (ponteiros de arrasto)

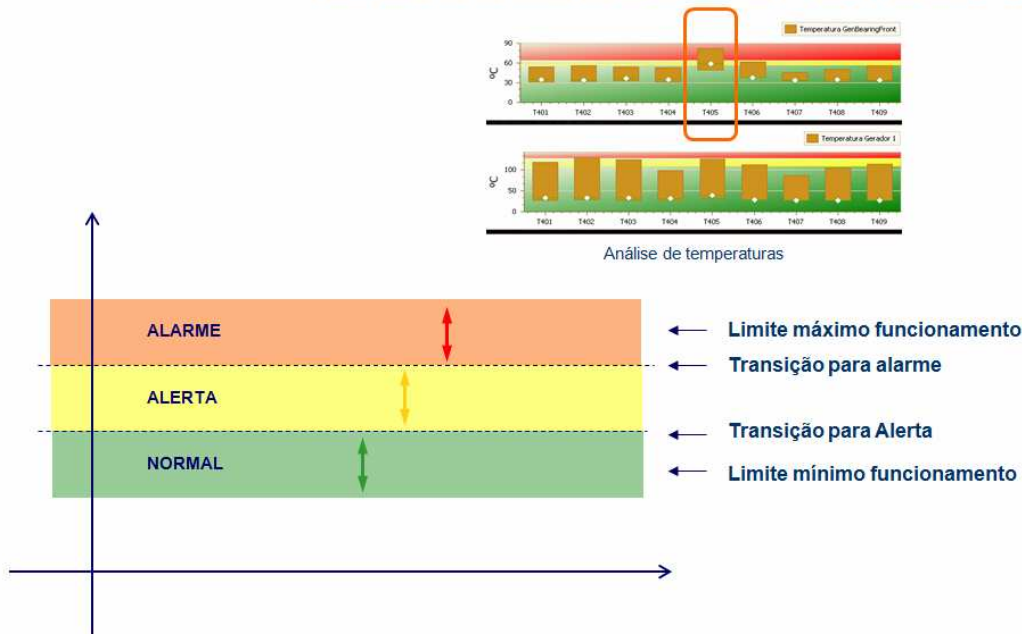


Fig. 6 – Níveis de alarme considerando o regime de funcionamento dos componentes

Índice de degradação

Valores Médios		T401	T402	T403	T404	T405	T406	T407	T408	T409
Regime Alto										
Troca de rolamentos 2009: T402 T403 T404 T406 T407 T409	2005	45,93	46,30	45,31	48,34	49,28	49,11	46,28	46,94	48,07
	2006	46,75	47,20	45,25	48,88	50,54	46,24	45,19	48,56	48,56
	2007	45,74	47,24	46,06	61,94	53,53	49,36	46,14	54,58	71,03
	2008	49,34	49,93	49,20	64,90	55,66	54,60	47,28	54,11	69,29
	2009	48,58	52,72	51,23	51,54	70,31	54,86	49,06	63,57	52,91
Longo Prazo	↑ 6%	→ 14%	→ 13%	↑ 7%	↓ 43%	→ 12%	↑ 6%	↓ 35%	→ 10%	
Curto Prazo	↑ -2%	↑ 6%	↑ 4%	↑ -21%	↓ 26%	↑ 0%	↑ 4%	→ 17%	↑ -24%	
Regime Médio										
	2005	38,68	37,84	37,43	38,82	39,39	38,98	37,84	38,81	37,96
	2006	39,30	38,48	38,40	38,43	40,85	37,26	38,17	39,79	41,06
	2007	39,57	39,78	39,49	53,11	43,62	38,89	39,37	45,44	62,56
	2008	41,15	41,78	42,24	59,93	45,42	46,76	40,97	45,83	61,80
	2009	41,27	44,56	44,45	42,91	64,84	46,99	42,24	57,30	43,42
Longo Prazo	↑ 7%	→ 18%	→ 19%	↑ 11%	↓ 65%	↓ 21%	↓ 12%	↓ 48%	→ 14%	
Curto Prazo	↑ 0%	↑ 7%	↑ 5%	↑ -28%	↓ 43%	↑ 1%	↑ 3%	↓ 25%	↑ -30%	
Regime Baixo										
	2005	35,02	33,79	34,10	35,05	34,48	35,13	33,90	34,01	34,14
	2006	36,06	34,84	34,46	35,34	36,42	33,93	35,29	35,68	36,92
	2007	35,46	35,39	35,20	48,83	37,91	33,83	36,20	39,11	59,25
	2008	37,99	37,10	37,59	57,42	39,16	42,30	37,30	40,71	58,31
	2009	36,98	41,27	41,52	38,70	61,29	43,41	38,86	54,40	39,15
Longo Prazo	↑ 6%	↓ 22%	↓ 22%	→ 10%	↓ 78%	↓ 24%	→ 15%	↓ 60%	→ 15%	
Curto Prazo	↑ -3%	→ 11%	→ 10%	↑ -33%	↓ 57%	↑ 3%	↑ 4%	↓ 34%	↑ -33%	

Fig. 7 – Níveis de alarme de médio e longo prazo considerando a degradação das temperaturas de componentes

4.4 Confirmação dos resultados pela sistematização de existência de incidente

Nesta fase procedeu-se ao cruzamento de resultados das análises de desvios históricos, com históricos de ocorrência de avarias; procedeu-se ainda às medições e análises específicas aos componentes em operação de forma a confirmar os padrões seleccionados com a existência efectiva dos defeitos. Nesta fase foi desenvolvido um software específico de análise on-line de desvios de comportamento. Este tem a seguinte funcionalidades: ligação ao SCADA fornecido pelos fornecedores dos AEGs de modo a obter dados on-line; incorporação dos parâmetros de comportamentos obtidos na fase anterior; e activação de alarmes segundo algoritmos que permitem identificar os desvios.

4.5 Implementação de acções correctivas e avaliação do impacto dessas acções face ao normal funcionamento dos equipamentos

Nesta fase procederam-se à implementação de acções correctivas planeadas com base nos resultados obtidos e procedido à avaliação das melhorias alcançadas.

5 ABORDAGEM INICIAL DO PROJECTO

A abordagem ao processo de identificação estatística de padrões iniciou-se com a identificação de um algoritmo específico, para o qual existia um histórico consolidado de dados, um registo de ocorrência de avarias e respectivas reparações. Permitiu assim identificar e sistematizar o algoritmo de análise. Seleccionou-se o componente rolamentos dos geradores para implementação **do sucesso**.

5.1 Criticidade

O gerador é um dos grandes componentes rotativos do AEG de grande importância e sensibilidade. Uma avaria num gerador, normalmente implica a paragem total do AEG, pelo que é um elemento crítico no processo de produção de energia. Os rolamentos são as peças do gerador sujeitas a maior desgaste sendo que a consequência de uma avaria nesta peça pode ter danos colaterais que impliquem a avaria total do gerador.

A identificação de uma avaria nos rolamentos do gerador pode evitar assim preventivamente:

1. Perdas de produção de energia prolongadas;
2. Perda total do gerador;
3. Redução dos custos de reparação de gerador.

5.2 Método da avaliação actual

A monitorização dos rolamentos dos geradores é efectuada de forma não sistematizada, sendo a activação dos alarmes efectuada já em fase de defeito grave.

5.3 Solução implementada

Utilizando os algoritmos de análise de dados históricos específicos, conseguiu-se identificar o funcionamento padrão deste componente para os diversos regimes de funcionamento do AEGs.

Foram identificados os desvios padrão e seleccionada a população alvo a analisar localmente.

Procedeu-se então à confirmação de defeitos na população alvo de forma a consolidar os resultados obtidos e classificados os graus de degradação, tendo se estabelecido um programa de acções de correcção.

5.4 Correcção do defeito

Foram implementados os planos de acção de forma sequencial de forma podem ser analisados as variações de comportamento após a sua implementação. Esta fase foi fundamental para consolidar os algoritmos de análise de desvios.

6 RESULTADOS ALCANÇADOS

Os resultados deste projecto podem ser analisados da seguinte forma.

- No projecto:
 - Durante a fase de projecto foram identificados algoritmos de análise de:
 - Desvio de comportamento de Gerador;
 - Desvio de comportamento de Multiplicadora;
 - Desvio de comportamento de Eixo Principal;
 - Desvio de comportamento de Sistema de Refrigeração;
 - Desvio de produção face à curva de Potência;
- Na operação:
 - A implementação dos algoritmos permitiu:
 - Identificar a existência de dois grandes componentes em fase avançada de desgaste e potencial colapso. O que permitiu a substituição destes componentes evitando: a perda total; perda de produção prolongada; custos de reparação aumentados;

- Planificação e identificação de necessidades de substituição de rolamentos de gerador de forma prolongar a sua vida útil;

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do SIGOpe constitui uma mais valia para promotores, fabricantes e empresas responsáveis pela manutenção e operação de parques eólicos pois permite fazer análise e diagnóstico permanente e sistemático do comportamento dos equipamentos do parque eólico.